

INTERNATIONAL YOUNG SCIENTISTS SCHOOL
AND CONFERENCE ON COMPUTATIONAL INFORMATION
TECHNOLOGIES FOR ENVIRONMENTAL SCIENCES

CITES '2023

JUNE 13 – 23, 2023
MOSCOW, RUSSIA



МЕЖДУНАРОДНАЯ МОЛОДЕЖНАЯ ШКОЛА И КОНФЕРЕНЦИЯ
ПО ВЫЧИСЛИТЕЛЬНО-ИНФОРМАЦИОННЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ
ДЛЯ НАУК ОБ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

CITES '2023

13 – 23 ИЮНЯ 2023
МОСКВА, РОССИЯ

Изменение динамики стратосферы Арктики в XXI веке по расчетам химико-климатической модели SOCOLv4

^{1,2}Варгин П.Н., ^{3,4}Кострыкин С.В., ^{5,7}Коваль А.В., ^{7,8}Розанов Е.В., ⁸Егорова Т.А.,
¹Цветкова Н.Д., ⁶Смышляев С.П.

¹Центральная аэрологическая обсерватория, Долгопрудный, Россия

²Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва, Россия

³Институт вычислительной математики им. Г.И. Марчука РАН, Москва, Россия

⁴Институт глобального климата и экологии им. Ю.А. Израэля, Москва, Россия

⁵Факультет физики атмосферы, Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

⁶Российский государственный гидрометеорологический университет, Санкт-Петербург, Россия

⁷Лаборатория исследования озонового слоя и верхней атмосферы, Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

⁸Physikalisch-Meteorologisches Observatorium Davos/World Radiation Center (PMOD/WRC), Davos, Switzerland

Исследование изменений основных динамических процессов стратосферы Арктики, влияющих на состояние озонового слоя, выполнено на основе анализа среднемесячных данных двух ансамблевых расчетов ХКМ SOCOLv4 с 2015 г. по 2100 г., проведенных по умеренному (SSP2-4.5) и жесткому (SSP5-8.5) сценариям роста парниковых газов. Сравнение двадцатилетних периодов в конце и начале XXI века с 2080г. по 2099 г. и с 2015 г. по 2034 г. для марта (когда наблюдается наибольшее разрушение озонового слоя) показывает снижение температуры стратосферы на 5-10 градусов, увеличение от 5 % до 20% содержания водяного пара. При умеренном сценарии наблюдается рост амплитуды волны с зональным числом 1 в январе-феврале. Однако при жестком сценарии наблюдается сильно различие между членами ансамбля и, амплитуда этой волны, осредненная ансамблю, к концу века характеризуется лишь небольшим усилением. Среди всех расчетов выявлено во второй половине XXI века пять эпизодов с отрицательными аномалиями общего содержания озона равными или ниже 100 е.Д. в марте в полярном регионе, что сравнимо с мартом 2011 г. и 2020 г., когда в Арктике наблюдалось наибольшее разрушение озонового слоя. При расчетах по обоим сценариям выявлено усиление изолированности стратосферного полярного вихря в Арктике и рост объемов воздушных масс, с температурами достаточными для формирования необходимых для активации озоно-разрушающих соединений полярных стратосферных облаков первого типа (PSC NAT) в марте, что позволяет говорить об усилении стратосферного полярного вихря в конце зимнего сезона в нижней стратосфере Арктики к концу XXI века.

Тенденции климатических изменений на территории Приволжского федерального округа в XIX-XXI веках и их последствия

Переведенцев Ю.П., Мирсаева Н.А., Шанталинский К.М., Гурьянов В.В., Николаев А.А.

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

E-mail: ypereved@kpfu.ru

Рассмотрены долгопериодные колебания температуры воздуха (ТВ) на территории Приволжского федерального округа (ПФО) на фоне климатических изменений происходящих в 1850-2020 гг. в Северном полушарии (СП). Показано, что до 1970-х годов эти колебания носили противофазный характер, сменившиеся затем однонаправленным ростом температуры в регионе и в целом на СП в середине 1970-х годов. При этом скорость роста региональной среднегодовой температуры превышает полушарную на 0,5°C. В зимний период ТВ на территории ПФО с 1970-х годов по 2020 г. повысилась на 3,5°C, а в летний на 1,6°C. С использованием данных наблюдений на 183 метеостанциях выявлены тенденции изменения ТВ и атмосферных осадков в 1966-2020 гг. Выявилось заметное повышение ТВ во всех месяцах года (в январе на всей территории ПФО значения КНЛТ ТВ меняются в пределах от 0,6 до 0,9°C/10 лет, в июле скорость потепления ниже ~0,2-0,39°C/10 лет).

Выявлена 40-летняя цикличность амплитуды годового хода ТВ, которая с 1880 г. уменьшилась на 2°C.

Годовая сумма осадков имеет на территории ПФО в основном положительный тренд за исключением юго-востока региона, где усиливается засушливость. Расчет индексов экстремальности зим выявил годы с экстремально холодными и экстремально теплыми зимами. В частности, в период 1997-2009 гг. наблюдалось увеличение суровости зим, а с 2010 по 2019 гг. потепление зим. Дан анализ экстремальных проявлений в изменениях современного климата с использованием 27 индексов экстремальности климата предложенных ВМО.

Установлена корреляционная зависимость между региональными изменениями ТВ и индексами атмосферной циркуляции (АО, NAO, EAWR, SCAND). Арктическая осцилляция и Североатлантическое колебание оказывают заметное воздействие на регион в зимний период (способствуют потеплению). Циркуляционные моды Восточная Атлантика – Западная Россия и SCAND способствуют охлаждению региона в летний период, особенно его восточной части.

Для оценки будущих изменений климата использовались результаты проекта СМIP6. Согласно которым в центре региона при наиболее вероятном сценарии ssp245 зимой температура к концу столетия с 2021-2040 гг. повысится от $-8,95$ до $-6,07^{\circ}\text{C}$, весной от $5,40$ до $7,77^{\circ}\text{C}$, летом от $19,75$ до $21,87^{\circ}\text{C}$, осенью от $6,19$ до $8,37^{\circ}\text{C}$, а в целом за год от $5,6$ до $8,0^{\circ}\text{C}$. При этом значения КНЛТ в среднем в период 2021-2100 гг. составят по сезонам соответственно: $0,48$; $0,39$; $0,35$; $0,36^{\circ}\text{C}/10$ лет и за год $0,40^{\circ}\text{C}/10$ лет. В случае «жесткого» сценария ssp585 ожидается наиболее значительное повышение температуры: зимой от $-9,07$ до $-2,50^{\circ}\text{C}$, весной от $5,68$ до $10,88^{\circ}\text{C}$, летом от $20,73$ до $25,93^{\circ}\text{C}$, осенью от $6,64$ до $11,65^{\circ}\text{C}$ и в целом за год от $6,0$ до $11,5^{\circ}\text{C}$.

Климатические изменения в регионе сказываются на динамике ее агроклиматических ресурсов. Показано, что наблюдаются тенденции увеличения продолжительности активной фазы вегетационного периода ($\text{ТВ} > 10^{\circ}\text{C}$) со скоростью от $0,6$ до $3,4$ суток/10 лет за счет ее более раннего наступления весной и более позднего завершения осенью, теплообеспеченности территории и ее засушливости в летний период, что необходимо учитывать в сельскохозяйственном производстве.

- Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ и Кабинета Министров Республики Татарстан в рамках научного проекта № 22-27-20080.

Колебательная система климата, резонансы, дальние асинхронные связи и прогнозы колебаний климата

Шерстюков Б.Г.

ФГБУ «Всероссийский НИИ гидрометеорологической информации – Мировой центр данных», Обнинск, Россия

E-mail: boris_sher@mail.ru

Приведены результаты, полученные из анализа глобальных данных метеорологических наблюдений в узлах географической сетки. Климатическая система рассматривается как многочастотная колебательная система, обладающая разными собственными частотами в разных её составляющих и в разных регионах Земли. Предполагается, что внешние повторяющиеся воздействия разных частот на Землю могут находить отклик в климатической системе в разных районах Земли только там, где сложатся благоприятные условия для резонансов частот космического воздействия и собственных частот места на Земле. Резонансный механизм работает на слабых взаимодействиях двух колебательных систем на равных, близких или соизмеримых частотах. В резонансном механизме воздействия одной колебательной системы на другую (космических циклических воздействий на колебательную систему климата) порог необходимых энергетических соотношений воздействия и конечного результата полностью снимается. Недостаток энергии одного внешнего воздействия для появления отклика в климатической системе компенсируется резонансным усилением отклика многократными повторяющимися воздействиями.

Мировой океан рассматривается как первое звено в передаче космических воздействий на климатическую систему, приводящих в последствии к изменениям (к многолетним колебаниям) климата атмосферы. Показана многолетняя инерционность климатической системы, ответственная за отклик параметров океана на внешние воздействия, на передачу первичных возмущений из одних районов океана в другие и из океана в атмосферу.

По данным наблюдений выявлены пространственно-временные особенности современных изменений климата, в которых проявляются предполагаемые внешние воздействия на состояние современного климата. Обнаружены связи изменений температуры поверхности Мирового океана в узлах сетки на основных течениях Большого океанического конвейера Брокера. Изменение температуры на течениях появляется с запаздыванием на 32 – 37 лет относительно изменений момента инерции барицентрического вращения Солнечной системы.

Обнаружены аналогичные проявления других циклических внешних воздействий на региональные изменения в океане и атмосфере. Предполагаемые механизмы обнаруженных связей должны пройти проверку методами математического моделирования.

На основе асинхронных межкомпонентных связей в климатической системе выполнена экстраполяция колебаний климата Северного полушария на два предстоящих десятилетия.