

ОТЗЫВ

члена диссертационного совета на диссертацию Латонина М. М. на тему: «Арктическое усиление и меридиональные океанические и атмосферные потоки тепла в Арктику», представленную на соискание ученой степени кандидата географических наук по научной специальности 1.6.17. Океанология.

Диссертационная работа Латонина М.М. посвящена исследованию крупномасштабных пространственно-временных особенностей формирования Арктического усиления, одного из наиболее важных и дискуссионных феноменов долгопериодной изменчивости климата Земли, и связи его межгодовой изменчивости с меридиональными океаническими и атмосферными потоками тепла в Арктику. Основой работы послужили архивы данных о приповерхностной температуре воздуха (ПТВ), созданные по результатам расчетов с помощью численных моделей, общей циркуляции атмосферы и океана, выполненных в рамках проектов ВМО CMIP5 и CMIP6, а также созданные в последние годы базы данных натуральных наблюдений и данные различных современных реанализов.

Диссертация состоит из введения, 3 глав, заключения и списка литературы. Результаты диссертационного исследования представлены на 125 страницах машинописного текста и включают в себя 29 рисунков и 11 таблиц. Библиография включает 152 наименования. Поскольку в главах диссертации используется большое количество различных источников информации, методов и объектов исследований, каждая глава сопровождается описанием использованных в ней данных и методов их анализа и интерпретации.

В введении приведено обоснование актуальности темы диссертационного исследования, сформулированы основные цели и задачи работы, обосновывается достоверность полученных результатов и излагаются основные положения, выносимые на защиту, ранее представленные в семи докладах на международных и российских конференциях и симпозиумах, в большинстве из которых М.М. Латонин была первым автором, и в четырех публикациях, входящих в базу SCOPUS, в которых диссертант был первым автором.

В Заключении кратко описаны полученные в ходе выполнения диссертационной работы результаты и сформулированы основные выводы и возможные направления будущих исследований.

В первой главе на основе тщательного анализа результатов воспроизведения ПТВ девятью моделями CMIP5 (период моделирования 1900 – 2004) и тридцати двумя моделями

CMIP6 (период 1900–2014, 108 реализаций) в сопоставлении с данными 6 баз данных и реанализов показано, что все модели достаточно адекватно воспроизводят Арктическое усиление последних десятилетий, но только одна модель CMIP5 и две модели CMIP6 более менее адекватно воспроизводят Потепление начала двадцатого века (ПНДВ, 1930 – 1940 г.г.). Используемый автором оригинальный прием, когда в первом случае Арктический регион представлен данными архива наблюдений GISTEMP v4, а опорный – модельными данными, а затем наоборот, позволил ему аргументировано утверждать, что самые большие ошибки в воспроизведении ПНДВ климатическими моделями обусловлены неадекватностью определения ПТВ в Арктическом регионе. В качестве рекомендации на будущее вероятно имело бы смысл определить, модернизация каких блоков моделей MIROC-ES2L и HadGEM3-GC3.1-LL, относительно адекватно описывающих ПНДВ, привело к улучшению его воспроизведения.

В заключение главы приведено мнение автора, полностью совпадающее с мнением рецензента: «В целом, несмотря на неплохое соответствие много-модельных средних по ансамблю CMIP5 и CMIP6 с наблюдениями в течение современного периода, их неспособность воспроизвести адекватную величину и наблюдаемую длительность ПНДВ ставит под вопрос надёжность будущих проекций климата Арктики. Случайное успешное воспроизведение ПНДВ одной моделью или одной из реализаций модели неубедительно. Действующие же протоколы Проекта взаимного сравнения моделей полярного усиления (Polar Amplification Model Intercomparison Project) требуют использования больших ансамблей с последующим осреднением для получения устойчивых климатических проекций».

Во второй главе рассмотрены меридиональные океанические и атмосферные потоки тепла в Арктику в их связи с Арктическим усилением. На основе тщательно выполненного анализа данных океанического реанализа ORAS4 и климатического реанализа ERA5 диссертантом рассчитаны за период 1958–2017 г.г., интегральные меридиональные потоки тепла через разрезы вдоль широты 66,5°с.ш. по долготам от 4,5°з.д. до 13,5°в.д. в океане и от 5°з.д. до 80°в.д. в атмосфере и показано, что меридиональный атмосферный поток тепла через разрезы в значительной степени определяет изменчивость и интенсивность регионального Арктического усиления над Евразийским бассейном Арктики. При этом триггером является меридиональный океанический поток тепла, поскольку океан воздействует на атмосферу через механизм компенсации Бьеркнеса. В этой связи в диссертации обоснована принципиальная возможность долгосрочного прогноза низкочастотной изменчивости Арктического усиления над Евразийским бассейном Арктики по данным меридионального океанического потока тепла в слое атлантических

вод через упомянутый выше разрез. Показано, что такой прогноз возможен с заблаговременностью в 4 года, что придает работе прикладную значимость, поскольку от величины Арктического усиления зависит, в том числе, и ледовитость в Евразийском бассейне Арктики. При этом представляет большой интерес рисунок 17, на котором показано распределение величины Арктического усиления в Арктике, рассчитанное в каждой точке сетки реанализа ERA5 как разница аномалий ПТВ в Арктике и в неарктической области Северного полушария, осредненное за современный период.

В качестве замечаний к данной главе следует отметить следующие:

- достаточную произвольность в определении базовой температуры воды в формуле для расчета океанического потока тепла (0°C или 0 K). Возможно более оправдано использовать в качестве базовой температуру замерзания воды определенной солёности. В этой связи вряд ли имеет смысл сравнивать величины океанического и атмосферного потоков тепла. Возможен только совместный анализ характеристик изменчивости;
- более корректно было бы рассчитывать меридиональные атмосферные потоки тепла не по данным с месячной дискретностью, а с использованием срочных данных (или, как минимум, данных с суточным разрешением), поскольку основной меридиональный перенос энергии связан с циклонической активностью в атмосфере.

Третья глава посвящена изучению особенностей атмосферных потоков тепла в Арктику через параллель 70°с.ш. в восточном и западном полушариях. Основанием для такой регионализации послужил упомянутый выше рисунок 17, демонстрирующий значительные различия интенсивности современного Арктического усиления между полушариями. Для анализа были использованы данные климатического реанализа ERA5 для 27 изобарических поверхностей с пространственным разрешением $0,25^{\circ} \times 0,25^{\circ}$ и месячной временной дискретностью за период с января 1950 г. по декабрь 2019 г. (среднемесячные значения меридиональной составляющей скорости ветра, температуры воздуха, удельной влажности и геопотенциала).

Применение эмпирических ортогональных функций выявило дипольную структуру меридиональных переносов явного и скрытого тепла в Арктику между восточным и западным полушариями, выраженную в различной интенсивности изменчивости потоков тепла по вертикали и времени, а также в противоположности направлений этих потоков в нижней и в верхней тропосфере. Полученные результаты позволяют согласиться с предположением автора, что преобладание переносов тепла и влаги в нижней тропосфере в Арктику над восточным полушарием и из Арктики над западным может указывать на то, что атмосферные потоки тепла в значительной степени ответственны за

крупномасштабную пространственную неоднородность интенсивности Арктического усиления.

Характеризуя диссертационную работу Латонина М.М. в целом можно с уверенностью отметить, что она представляет собой полноценное научное исследование. Выполнен комплексный анализ результатов климатических моделей СМIP5 и СМIP6 в сопоставлении с данными природных наблюдений. На основе природных данных и данных современных реанализов исследованы процессы, обуславливающие изменчивость меридиональных потоков тепла, переносимых атлантическими водами и атмосферной циркуляцией в Арктический бассейн. Выявлена дипольная структура меридиональных переносов явного и скрытого тепла в Арктику между Восточным и Западным полушариями.

Диссертация Латонина Михаила Михайловича на тему: «**Арктическое усиление и меридиональные океанические и атмосферные потоки тепла в Арктику**» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Латонин Михаил Михайлович заслуживает присуждения ученой степени кандидата географических наук по научной специальности 1.6.17. Пункты 9 и 11 указанного Порядка диссертантом не нарушены.

Член диссертационного совета

Д.ф.-м.н., с.н.с., г.н.с.



Макштас А.П.

25. 05. 2022 г.

