

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу

Яковлева Андрея Романовича

«Влияние долгопериодных и короткопериодных изменений температуры поверхности океана на структуру и состав атмосферы»,
представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.30 – метеорология, климатология, агрометеорология.

Диссертационная работа А.Р.Яковлева посвящена исследованию влияния изменений температуры поверхности океана (ТПО) на атмосферные процессы различных временных масштабов. Хорошо известно, что изменениям климата сопутствуют изменения в океане, связанные с повышением его уровня, уменьшением площади его покрытия морским льдом и повышением его температуры. Изучение обратного влияния этих изменений в океане на атмосферные процессы является важной теоретической и практической задачей, привлекающей внимание многочисленных исследователей. Несмотря на значительный прогресс в понимании особенностей взаимодействия процессов в атмосфере и океане, многие вопросы, особенно, в части влияния изменений в океане на газовый и аэрозольный состав атмосферы, еще остаются не до конца выясненными. В своей работе диссертационной работе А.Р.Яковлеву, с одной стороны, удалось найти новые особенности обратного влияния изменений ТПО на температуру атмосферы, а, с другой стороны, получить интересные, с точки зрения современной науки, оценки влияния изменений температуры океана на циркуляцию, волновую активность и содержание озона в стратосфере.

Тема работы является достаточно **актуальной** и своевременной. Дальнейшее развитие понимания механизмов взаимосвязи между изменениями в океане и атмосфере позволит улучшить качество как прогнозов изменений глобального климата, так и долгосрочных

метеорологических прогнозов, включая прогнозы опасных погодных явлений.

Основные результаты работы получены из анализа численных расчетов с помощью глобальной химико-климатической модели (ХКМ) и данных ре-анализа, что соответствует современным методам атмосферных наук.

Диссертационная работа **состоит** из введения, пяти глав и заключения.

Введение посвящено обсуждению актуальности, целей диссертационной работы, постановке задач, обоснованности и достоверности результатов, теоретической и практической значимости, а также сформулированы положения, выносимые на защиту.

В первой главе исследуются процессы, определяющие влияние изменений ТПО на состав и структуру атмосферы. Рассматриваются процессы передачи тепла от океана в атмосферу, приводящие интенсификации энергетических вертикальных потоков, что, в свою очередь, ведет к изменениям температуры и содержания атмосферных газов не только в нижней тропосфере, но и на других атмосферных высотах. Также в данной главе приводится подробный обзор предыдущих исследований по теме взаимодействия атмосферы и океана. Особое внимание в первой главе посвящено рассмотрению явлений Эль-Ниньо и Ла-Нинья Южного колебания и их влияния на атмосферные процессы.

Вторая глава посвящена описанию методов исследования, используемых в диссертации. Описывается глобальная химико-климатическая модель ИВМ РАН – РГГМУ, охватывающая нижнюю и среднюю атмосферу, используемая автором для проведения численных экспериментов по исследованию чувствительности температуры атмосферы и содержания озона к изменчивости температуры поверхности океана. Кроме того, во второй главе описываются данные ре-анализа ERA5 и MERRA2, которые используются для сравнения с результатами модельных расчетов, а также для самостоятельного анализа атмосферных процессов. В заключительной части 2-й главы приводятся формулы, используемые автором для расчета параметров остаточной циркуляции и волновой активности, на основе анализа изменчивости которых делаются выводы о

влиянии изменчивости температуры поверхности океана на атмосферную циркуляцию и волновые процессы.

В третьей главе приведены результаты анализа долгопериодных и короткопериодных изменений температуры поверхности океана и связанных с этими изменениями вариаций температуры воздуха и озона по данным ре-анализа и результатам численного моделирования. Приводятся и обсуждаются расчетные параметры линейных трендов для разных широтных зон и высот для температуры и содержания озона.

Четвертая глава посвящена анализу влияния связанных с Южным колебанием короткопериодных изменений ТПО на динамику атмосферы и озоновый слой с особым вниманием к полярным районам. Приводятся результаты исследования влияния Южного колебания на динамику стратосферы и озоновый слой Арктики по данным ре-анализа MERRA2 и ERA5, а также по результатам численных экспериментов с ХКМ ИВМ РАН - РГГМУ. Показано, что фаза Эль-Ниньо Южного колебания способствует интенсификации меридионального переноса тепла и массы, что создает условия неустойчивости для полярного вихря, а фаза Ла-Нинья способствует созданию условий для устойчивого полярного вихря, низких температур и пониженного содержания озона в арктической стратосфере.

В пятой главе приведены результаты исследования влияния долгопериодных изменений ТПО и содержания углекислого газа на динамику атмосферы и озоновый слой. Приводятся и обсуждаются результаты двух групп численных экспериментов по оценке чувствительности состава и структуры атмосферы к положительному тренду температуры поверхности океана и одновременному и раздельному изменению содержания углекислого газа в атмосфере. Показано, что, с одной стороны, положительный тренд способствует усилению антарктической озоновой дыры, а с другой стороны, что обратное влияние увеличения температуры поверхности океана на температуру атмосферы при глобальном потеплении может создавать даже больший эффект, чем изначальное увеличение атмосферного содержания углекислого газа.

Оценка диссертации. Одним из основных достоинств представленной работы следует назвать совместное использование данных ре-анализа и результатов модельных расчетов при анализе эволюции атмосферы за сорокалетний период (1980-2019 гг.). Указанное сочетание значительно повышает достоверность полученных результатов и сделанных на их основе выводов диссертационной работы. Это касается не только заключений, касающихся отклика температуры на изменения ТПО, но и выводов об соответствующем изменении интенсивности остаточной циркуляции и волновой активности в стратосфере.

Вместе с тем необходимо сделать следующие **критические замечания**:

1. При выполнении диссертационной работы использована сложная, нелинейная химико-климатическая модель, которая может «вести себя» несколько по-иному даже при очень небольших, и большей частью неконтролируемых, изменениях модельных параметров. Другими словами, модель имеет внутреннюю изменчивость. Однако численные эксперименты по оценке чувствительности химико-климатической модели к изменениям ТПО (тренд и Южное колебание) и концентрации CO_2 за 10-й период (2021-2030 гг.) выполнены без использования ансамблевого подхода, который бы позволил оценить указанную выше внутреннюю изменчивость модели. Это, в свою очередь, не дает возможность определить значимость атмосферных откликов модели на изменение ТПО и концентрации CO_2 на фоне внутренних модельных шумов.
2. Возможно, в диссертации следовало уделить некоторое внимание анализу причин повышения ТПО, хотя это и не является одной из основных целей предложенной работы. Такое же замечание можно отнести и к обсуждению роли в эволюции атмосферы изменений морского льда в течение последних десятилетий, которые также является важным фактором, влияющим на взаимодействие атмосферы и океана в полярных районах.

3. К сожалению, в тексте диссертационной работы присутствует значительное количество опечаток. Также, хотелось бы посоветовать автору более тщательно подходить к формулировке своих утверждений, которые, иногда, содержат некоторую неопределенность.

Отмеченные недостатки не снижают значимости диссертационного исследования и не влияют на общую положительную оценку представленной работы. Результаты диссертации обладают научной новизной и практически значимы, демонстрируют вклад автора в области исследования взаимодействия атмосферы и океана, подтверждают его понимание теоретической и практической целесообразности одновременного использования результатов ре-анализа и численного моделирования для изучения особенностей изменчивости атмосферных физических и химических процессов. Это характеризует соискателя как вполне сложившегося исследователя, умеющего самостоятельно ставить и решать сложные физико-математические задачи.

Автореферат достаточно полно отражает содержание диссертации.

Основные результаты работы опубликованы в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК, и полностью соответствуют теме диссертации. Диссертационная работа А.Р.Яковлева является законченным исследованием, имеющим перспективы дальнейшего развития.

Подводя итоги рассмотрения диссертационной работы А.Р.Яковлева, следует отметить, что она удовлетворяет требованиям п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. №842 в отношении кандидатских диссертаций, а ее автор заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.30 – Метеорология, климатология, агрометеорология.

Официальный оппонент,
кандидат физико-математических наук,
Старший научный сотрудник отдела
динамической метеорологии и
климатологии (ОДМК) ФГБУ «ГГО»
Тел: +7 (921) 189-64-06
email: v_zubov@rambler.ru
194021, г. Санкт-Петербург, ул.
Карбышева, д. 7

**Зубов Владимир
Аркадьевич**



Я, Зубов Владимир Аркадьевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Подпись Зубова В.А. заверяю
Ученый секретарь ФГБУ «ГГО»

12.09.2022



Шапина И.Н.

