


УТВЕРЖДАЮ

и.о. директора ФГБУ "ЦАО"

  
15 августа 2022 г.

А.С. Яковлев



**ОТЗЫВ**

ведущей организации

федерального государственного бюджетного учреждения

Центральная Аэрологическая обсерватория

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"

**1. Актуальность научной работы** заключается в том, что изменения температуры поверхности океана (ТПО) влияют на динамические и химические процессы атмосферы на всех широтах, включая полярные. Несмотря на то, что влияние изменений ТПО на атмосферу активно исследуются в течение последних 20 лет, сохраняется много открытых вопросов, требующих уточнения, особенно о влиянии на циркуляцию тропосферы и стратосферы Арктики, эволюцию озонового слоя. Особую актуальность этой теме придает продолжающееся и ожидаемое в течение XXI века изменение климата и повышение ТПО.

В этой связи диссертационная работа А.Р. Яковлева безусловно является актуальной.

## **2. Состав и содержание диссертации**

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и списка использованной литературы из 214 наименований. Объем работы составляет 198 страниц, 62 рисунка и 1 таблицу.

**Во введении** обоснована актуальность исследования влияния изменений температуры поверхности океана (ТПО) на динамические процессы стратосферы и озоновый слой, сформулированы цели и задачи работы, описана новизна и практическая

значимость результатов работы. Определены выносимые на защиту положения, описана структура диссертации.

**В первой главе** раскрыта актуальность исследования, представлен обзор известных результатов проведенных ранее научных исследований, раскрыто общее состояние темы исследования. Описаны основные типы изменений ТПО – долгопериодные (с трендом) и короткопериодные (климатическое явление Эль-Ниньо – Южное колебание). Приводится сравнение влияния изменений ТПО на структуру и состав атмосферы, и сравнение с другими факторами, прежде всего, с увеличением концентрации углекислого газа.

**Во второй главе** описываются основные инструменты исследования влияния изменений ТПО на структуру и состав атмосферы – химико-климатическая модель РГГМУ-ИВМ, используемые данные реанализа и методы исследования, включая расчёт остаточной циркуляции атмосферы и трехмерного потока волновой активности Пламба.

**В третьей главе** представлены результаты анализа наблюдаемых за последние десятилетия изменений ТПО, динамических параметров атмосферы и состояния озонового слоя по данным реанализа и результатам моделирования.

**В четвертой главе** представлены результаты проведенного с использованием численного моделирования и анализа данных реанализа исследования динамических процессов и изменений озонового слоя, происходящих в атмосфере при климатическом явлении Эль-Ниньо – Южное колебание.

**В пятой главе** анализируются процессы, связанные с положительным трендом ТПО, проводится анализ чувствительности атмосферы к повышению ТПО по результатам моделирования. Получены оценки изменчивости зональной циркуляции стратосферы, волновой активности, остаточной циркуляции вследствие долговременного повышения ТПО. Проведено сравнение влияния изменений ТПО и увеличения концентраций углекислого газа  $\text{CO}_2$  по результатам моделирования.

**В заключении** приводятся основные результаты работы.

### **3. Достоверность результатов исследования**

Достоверность результатов работы подтверждается 7 публикациями в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации, а также успешным представлением результатов на научных конференциях, симпозиумах и молодежных школах с международным участием.

Полученные результаты согласуются с существующими представлениями о взаимодействии атмосферы и океана в условиях меняющегося климата.

#### **4. Научная новизна полученных результатов**

С использованием хорошо известной глобальной химико-климатической модели РГГМУ-ИВМ получены новые интересные оценки влияния долгопериодных и короткопериодных (связанных с Эль-Ниньо) изменений ТПО на циркуляцию стратосферы, стратосферный полярный вихрь, распространение волновой активности, остаточную циркуляцию и состояние озонового слоя в различных широтных зонах, включая Арктику и Антарктику.

Новым является и результат, свидетельствующий о том, что долгопериодные изменения ТПО оказывают на температуру тропосферы большее влияние по сравнению с влиянием роста концентраций  $\text{CO}_2$ , в то время как на температуру стратосферы наоборот изменение ТПО оказывает меньшее влияние, чем рост  $\text{CO}_2$ .

#### **5. Личный вклад автора**

Все выносимые на защиту положения основаны на результатах, полученных автором самостоятельно. Личный вклад автора заключается в определении целей и формулировке задач исследований, подготовке и проведении численных модельных расчетов, анализе результатов моделирования и данных наблюдений (реанализа), их сравнении и интерпретации полученных результатов. Автором подготовлены материалы для публикаций и докладов, сформулированы выводы и заключение по работе.

#### **6. Значимость полученных в диссертации результатов**

Полученные в работе результаты могут быть использованы для:

- уточнения прогностических оценок изменений озонового слоя в течение ближайших десятилетий;
- совершенствования наших знаний о взаимодействии океана и атмосферы, динамическом взаимодействии тропосферы и стратосферы, влиянии динамических и химических процессов стратосферы на состояние озонового слоя и других малых газовых составляющих атмосферы в условиях меняющегося климата;
- сравнения полученных оценок с результатами расчетов других российских и зарубежных климатических моделей с интерактивным океаническим и химическим блоками, совершенствования реализации динамических и химических процессов стратосферы и тропосферы, а также взаимодействий между океаном и атмосферой в модельных расчетах;

- выработки мер по адаптации в различных областях административной и хозяйственной деятельности.

## **7. Рекомендации по использованию результатов работы**

Результаты работы могут быть использованы при исследовании с помощью численного моделирования ожидаемых изменений климата в течение XXI века с учетом различных сценариев роста концентраций парниковых газов и уменьшения озоноразрушающих соединений и влияния этих изменений на динамические и химические процессы атмосферы, эволюцию озонового слоя и других малых газовых составляющих.

## **8. Недостатки диссертационной работы**

8.1. Необходимо отметить в докладе, что климатические факторы (рост концентраций парниковых газов в атмосфере и рост температуры поверхности океана), влияние которых при проведении численного моделирования рассматривается в диссертационной работе по отдельности, взаимосвязаны;

8.2. Необходимо отметить сложность связи климатического явления Эль-Нинья и внезапных стратосферных потеплений (ВСП) в Арктике, на возникновение которых влияют и другие факторы (например, нелинейное взаимодействие волновой активности, особенности циркуляции тропосферы). Кроме этого два сильных ВСП в январе 2008 г. и 2018 г. произошли в годы Ла-Нинья, хотя в целом стратосфера Арктики теплее в зимние сезоны с Эль-Нинья.

8.3. Желательно отметить, что рост температуры океана в Антарктике в последние годы на фоне отрицательного тренда за последние примерно 20 лет может быть искусственным.

8.4. Имеются замечания редакционного характера к тексту и рисункам диссертационной работы и автореферата.

Однако указанные выше замечания не снижают общей ценности диссертационной работы.

## **9. Заключение**

Диссертационная работа А.Р. Яковлева является самостоятельным законченным научным исследованием, её результаты обладают высокой практической значимостью и новизной.

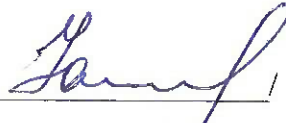
По теме диссертации опубликовано 7 научных работ, в том числе 7 публикаций в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации.

Диссертация А.Р. Яковлева выполнена на хорошем научном уровне, соответствует паспорту специальности 25.00.30 и отвечает требованиям п.9 "Положения о порядке присуждения ученых степеней", утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а её автор безусловно заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.30 "Метеорология, климатология, агрометеорология".

Доклад по диссертационной работе А.Р. Яковлева заслушан на объединенном семинаре Отдела физики высоких слоев атмосферы и Отдела исследования состава атмосферы ФГБУ "ЦАО", состоявшимся 7 июля 2022 г. Отзыв рассмотрен и одобрен на семинаре, состоявшемся 4 августа 2022 г. (протокол № 1).

Заведующий отделом физики высоких слоев атмосферы ФГБУ «ЦАО»,  
ведущий научный сотрудник, кандидат физ.-мат. наук

16 августа 2022 г.

 / В.А. Юшков

Адрес: 141701, г. Долгопрудный, Московской области, ул. Первомайская, д. 3  
тел.: +7 (495) 408-61-48, e-mail: v\_yushkov@mail.ru

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

16 августа 2022 г.

 / В.А. Юшков

Подпись В. А. Юшкова заверяю

Ученый секретарь ФГБУ «ЦАО»,  
кандидат физико-математических наук

16 августа 2022 г.

тел.: +7 (495) 408-61-48, e-mail: bezrukova@cao-rhms.ru



 / Н.А. Безрукова