

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 26.1.002.01,
созданного на базе Федерального государственного бюджетного
учреждения «Гидрометеорологический научно-исследовательский центр
Российской Федерации» (ФГБУ «Гидрометцентр России»)
Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей
среды (Росгидромета)
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 01.04.2025 г. № 4

о присуждении Лубкову Андрею Сергеевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Долгосрочное прогнозирование явлений Эль-Ниньо и Ла-Нинья с использованием модели на основе нейронных сетей» по специальности 1.6.18 – Науки об атмосфере и климате принята к защите 21.01.2025 (протокол № 1) диссертационным советом 26.1.002.01, созданным на базе ФГБУ «Гидрометцентр России» Росгидромета (123242, Россия, Москва, Большой Предтеченский пер., 13, стр.1; Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации №1730/нк от 13 декабря 2022 г.).

Соискатель Лубков Андрей Сергеевич, 1991 года рождения, в 2012 году **окончил** физический факультет Севастопольского национального университета, а в 2014 году - **магистратуру** Одесского экологического университета по специальности «Океанология». **Работает** научным сотрудником в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Институт природно-технических систем», в лаборатории крупномасштабного взаимодействия океана и атмосферы и изменений климата.

Диссертация выполнена в ФГБНУ «Институт природно-технических систем», в лаборатории крупномасштабного взаимодействия океана и атмосферы и изменений климата.

Научный руководитель – Воскресенская Елена Николаевна, профессор, доктор географических наук, ФГБНУ «Институт природно-технических систем», заместитель директора по научной работе.

Официальные оппоненты: Дианский Николай Ардальянович, доцент, доктор физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова», кафедра физики моря и вод суши, профессор; **Переведенцев Юрий Петрович**, профессор, доктор географических наук, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет», кафедра метеорологии, климатологии и экологии атмосферы, профессор, **дали положительные отзывы на диссертацию.**

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова Российской академии наук», г. Москва, в своем **положительном заключении**, утвержденном директором, академиком РАН В.А. Семеновым и подписанным д.ф.-м.н. А.В. Елисеевым, главным научным сотрудником Лаборатории теории климата, указала, что диссертация является законченной научно-квалификационной работой в актуальном направлении исследований; научная новизна, полученных результатов, таких как разработанная автором модель, способная воспроизводить и прогнозировать события Эль-Ниньо с оправдываемостью не менее 76%, а также обладающая относительно малой чувствительностью к весеннему порогу предсказуемости, не вызывает сомнений.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тематикой исследований и работ в рамках диссертации, а

именно проблемами взаимодействия атмосферы и океана и исследованиям климатической изменчивости.

Соискатель имеет 26 опубликованных работ по теме диссертации, из них 11 опубликованы в научных изданиях, входящих в перечень рецензируемых изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по специальности 1.6.18 - Науки об атмосфере и климате (физико-математические науки). Основные результаты по теме диссертации изложены в работах:

1. **Lubkov A. S.**, Vyshkvarkova E. V., Voskresenskaya E. N., Shchodro A. E. Forecasting Catastrophic Floods in Crimean Territory // *Water Resources*, 2024. V. 51(6). P. 960–967. DOI:10.1134/S0097807824701197.

В работе оцениваются возможности прогнозирования с использованием разработанной модели искусственной нейронной сети экстремальных осадков с заблаговременностью до 3 месяцев на примере прогноза случая трехдневных экстремальных осадков в районе Севастополя, приведших к катастрофическому наводнению на реке Черная в январе 2024 года.

2. **Лубков А.С.**, Воскресенская Е.Н., Марчукова О.В. Новый подход к использованию нейронных сетей для долгосрочного прогноза Эль-Ниньо и Ла-Нинья // *Фундаментальная и прикладная климатология*, 2023. Т. 9. № 4. С. 432–466. DOI: 10.21513/2410-8758-2023-4-432-46 (**Lubkov A.S.**, Voskresenskaya E.N., Marchukova O.V. A New Approach to Using Neural Networks for Long-Term El Nino and La Nina Forecasting // *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*. 2024. V. 60. Suppl. 1. P. S46–S61. DOI:10.1134/S0001433824700555).

В статье предлагается новый подход к применению методов нейронной сети и множественной линейной регрессии для прогнозирования состояния Южного колебания Эль–Ниньо. Одной из особенностей предлагаемого подхода является детальный отбор предикторов в качестве входных данных для модели и последующее моделирование с поиском и проверкой всех возможных

конструкций многослойной нейронной сети. Полученная в результате модель характеризуется низкой чувствительностью к весеннему барьеру предсказуемости. Приводятся результаты прогноза и оценки качества разработанной модели.

3. **Лубков А.С.**, Воскресенская Е.Н., Сухонос О.Ю. Прогноз выпадения осадков в районе Ай-Петри на основе модели искусственной нейронной сети // Водные ресурсы, 2022. Т. 49. № 4. С. 517–526. DOI:10.31857/S0321059622040137.

В статье рассматривается усовершенствованный метод прогнозирования месячных осадков в горном Крыму на основе модели искусственной нейронной сети. В качестве входных параметров модели использовался набор климатических индексов глобальной системы океан–атмосфера за 1948–2020 гг., рассчитанные на основе данных реанализа. Показана возможность сезонного прогноза осадков с заблаговременностью до 6 мес.

4. Maslova V.N., Voskresenskaya E.N., **Lubkov A.S.**, Yurovsky A.V. Temporal Variability and Predictability of Intense Cyclones in the Western and Eastern Mediterranean // Atmosphere, 2021. V. 12. P. 1218. DOI: 10.3390/atmos12091218

В работе рассматривается ежемесячная изменчивость и предсказуемость интенсивных и экстремальных циклонов над Западным и Восточным Средиземноморьем. Результатом этой работы стало использование искусственной нейросетевой модели с входными данными глобальных индексов дальних связей как в атмосфере, так и в океане для описания временной изменчивости частоты интенсивных циклонов. Предсказуемость интенсивных циклонов была продемонстрирована на примере возможности составления прогнозов с опережением до 6 месяцев.

5. **Лубков А.С.**, Воскресенская Е.Н., Марчукова О.В. Применение нейронных сетей для модельного прогноза Эль-Ниньо и Ла-Нинья, включая их типы // Метеорология и гидрология, 2020. №11 С. 111–121

Исследована возможность заблаговременного прогнозирования явлений Эль-Ниньо и Ла-Нинья с учетом их разделения на два типа: центрально- и

восточно-тихоокеанский на основе метода искусственных нейронных сетей. Показана возможность прогноза индексов Nino3.4, Nino4 и Nino3 с заблаговременностью от 3 до 9 месяцев. Показано, что качество прогноза уменьшается с увеличением его заблаговременности, однако в целом остается на высоком уровне.

6. Марчукова О.В., **Лубков А.С.**, Воскресенская Е.Н. Качество воспроизведения событий Эль-Ниньо и Ла-Нинья по разным массивам реконструированных данных температуры поверхности океана // Вестник СПбГУ. Науки о Земле, 2020. Т. 1. № 1. С. 97–120. DOI: 10.21638/spbu07.2020.106.

В статье с использованием различных наборов данных о восстановленной температуре поверхности океана — HadISST, COBE SST2 и ERSSTv5 — показаны различия в идентификации явлений Эль-Ниньо и Ла-Нинья с последующим разделением их на Восточно-тихоокеанские (EP) и Центрально-Тихоокеанские (CP) типы в период с 1870 по 2018 год. Полученные в работе результаты демонстрируют различия в количестве типов Эль-Ниньо и Ла-Нинья для раннего периода с 1870 по 1900 год, когда данные были менее надежными, и для всего временного ряда, включая последние два десятилетия.

7. **Лубков А.С.**, Стефанович А.А., Воскресенская Е.Н., Вышкваркова Е.В. Биоклиматические условия на курортах Крыма: состояние и прогноз //Использование и охрана природных ресурсов в России, 2020. № 1(161). С. 60–65

В статье рассмотрен ежемесячный годовой ход биоклиматического индекса на отдельных курортах Крымского полуострова и изучена возможность климатического прогнозирования его значений с заблаговременностью от двух до шести месяцев с привлечением модели, основанной на методе искусственных нейронных сетей. В качестве предикторов использованы индексы далекодействующих климатических сигналов.

8. Maslova V.N., Voskresenskaya E.N., **Lubkov A.S.**, Yurovsky A.V., Zhuravskiy V.Y., Evstigneev V.P. Intense Cyclones in the Black Sea Region:

Change, Variability, Predictability and Manifestations in the Storm Activity // Sustainability, 2020. V. 12 (11). P. 4468. DOI:10.3390/su12114468.

В статье рассматриваются особенности изменчивости интенсивной циклонической активности в Черноморском регионе и примеры их региональных проявлений в виде типов штормов. На фоне негативных значимых линейных трендов и междекадной изменчивости (период около 35 лет) были выявлены типичные масштабы их межгодовой изменчивости на периодах около 2,5–3,5 и 6–8 лет. Эти периоды совпадают с временными масштабами Североатлантического колебания и Эль–Ниньо–Южного колебания, что открывает перспективы для дальнейшего изучения закономерностей их связи.

9. **Лубков А.С.**, Воскресенская Е.Н., Марчукова О.В. Прогнозирование индекса Южного колебания // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о земле: СПбГУ, 2017. № 4(62). С. 370–388. DOI:10.21638/11701/spbu07.2017.404.

В статье продемонстрирована возможность успешного прогнозирования индекса Южного колебания (SOI) на основе модели искусственных нейронных сетей на 1–5 месяцев вперед для поздней осени-начала зимы и ранней весны. Принимая во внимание, что существуют два типа Эль–Ниньо и Ла–Нинья, было показано, что основная проблема прогноза SOI на апрель и май связана с событиями восточного типа.

10. **Лубков А.С.**, Воскресенская Е.Н., Кукушкин А.С. Метод восстановления среднемесячных значений прозрачности воды на примере северо-западной части Черного моря. // Оптика атмосферы и океана, 2016. Т. 29. № 04. С. 343–350. DOI:10.15372/AOO20160413.

В статье рассматривается модель на основе нейронной сети для восстановления данных наблюдений гидрофизических параметров. Выявлены некоторые особенности межгодовых изменений восстановленных значений прозрачности, обусловленные климатическими факторами.

Получено 1 свидетельство Роспатента о государственной регистрации программы для ЭВМ «Программа поиска статистических связей «NeuroClim-Correlation» системы комплексного климатического прогнозирования», Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2021668360. Дата государственной регистрации 15.11.2021.

На автореферат диссертации получено 7 отзывов, все положительные, три из которых содержали следующие замечания:

В отзыве к.г.н. В.М. Морейдо отмечает, что требуется разъяснение каким образом проводилось обобщение выбранных областей для расчета климатических индексов, а также разъяснить методы оптимизации модели, описанных в параграфе 3.5 диссертации. В отзыве к.ф.-м.н. В.П. Евстигнеева отмечается, что в автореферате отсутствует обоснование выбранной архитектуры модели и ее параметров, а ряд вопросов, таких как выбор пространственных доменов, принцип отбора нейронной сети, недостаточно освещен; имеются замечания к рис. 1 как по содержанию, так и по форме; отмечается противоречие в утверждении автора о превосходстве разработанной модели над существующими аналогами и представленными на рис. 5в оценками коэффициента корреляции для разных моделей. В отзыве д.ф.-м.н. Л.В. Зотова указывается на отсутствие пояснений к рис. 3 и 4, а также к понятию, приведенному на стр. 10 в скобках. Отзывы д.ф.-м.н. В.В. Ефимова, к.т.н. В.Б. Геннадина, В.А. Наумовой, М.Ю. Бардина не содержат замечаний.

Соискателем были даны развернутые, аргументированные ответы на замечания ведущей организации, официальных оппонентов и поступивших отзывов на автореферат.

Диссертационный совет отмечает, что **на основании выполненных соискателем исследований** связи вариаций характеристик Эль-Ниньо – Южное колебание с вариациями гидрометеорологических характеристик в других регионах Земного шара **предложен** алгоритм пространственно-временного отбора предикторов - входных данных для модели нейронной

сети; **разработана** модель долгосрочного прогноза аномалий температуры поверхности океана в экваториальной зоне Тихого океана на базе обучающихся нейронных сетей, которая позволяет частично уменьшить эффект весеннего предела предсказуемости событий Эль-Ниньо/Ла-Нинья.

Теоретическая значимость исследования заключается в том, что полученные результаты направлены на решение фундаментальной научной проблемы в области долгосрочного гидрометеорологического прогнозирования.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики заключается в возможности использования результатов в работе учреждений, связанных с выпуском долгосрочных гидрометеорологических прогнозов, а также могут быть включены в образовательные программы ВУЗов гидрометеорологического и географического профиля.

Достоверность полученных результатов и обоснованность выводов обеспечивается использованием большого объема актуальных данных наблюдений и реанализа, применением современных методов статистического моделирования; публикациями в ведущих профильных рецензируемых журналах.

Личный вклад соискателя: автор участвовал в постановке задач, их решении, интерпретации полученных результатов и формулировке выводов. Им самостоятельно были проведены обработка, анализ и верификация всех массивов данных, написаны программные коды для решения поставленных задач, выполнено сопоставление с международным уровнем. Автором лично были подготовлены материалы к научным публикациям в рецензируемых изданиях, представлены результаты на многочисленных всероссийских и международных конференциях.

Диссертационный совет отмечает, что диссертация А.С. Лубкова выполнена на высоком научном уровне, представляет собой научно-квалификационную работу, имеющую научную новизну и важные практические приложения. С помощью нового подход к прогнозированию одной из климатических мод изменчивости феномена Эль-Ниньо – Южное

Колебание автором разработана и доведена до практической реализации модель долгосрочного прогноза на основе искусственных нейронных сетей, позволяющая повысить заблаговременность прогнозов наступления и эволюции событий Эль-Ниньо/Ла-Нинья.

Диссертация А.С. Лубкова является завершённым научным исследованием и соответствует требованиям пунктов 9 и 10 «Положения о присуждении учёных степеней», а её автор, А.С. Лубков, заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.18 – Науки об атмосфере и климате.

На заседании 1 апреля 2025 г. диссертационный совет принял решение присудить А.С. Лубкову ученую степень кандидата физико-математических наук. При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 8 докторов наук по специальности 1.6.18 и отрасли наук – физико-математические науки, участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 17, против - нет, недействительных бюллетеней нет.

Председатель диссертационного совета

Р.М. Вильфанд

Ученый секретарь диссертационного совета

М.В. Шатунова

04.04.2025 г.