

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.069.02 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО НАУЧНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК» ПО
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 28.10.2019 № 99

О присуждении Гаврилову Андрею Сергеевичу, гражданину РФ,

ученой степени кандидата физико-математических наук

Диссертация «Методы эмпирической реконструкции пространственно распределенных динамических систем и их приложение к изучению климатических процессов» по специальности 01.04.03 – радиофизика принята к защите 27 июня 2019 г., протокол № 90, диссертационным советом Д 002.069.02 на базе Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук» (ИПФ РАН), 603950, Нижний Новгород, ул. Ульянова, 46, приказ ФАНО №334 от 30.06.2015.

Соискатель, Гаврилов Андрей Сергеевич, 1988 года рождения, в 2011 году окончил ННГУ им. Н.И. Лобачевского, в 2014 году окончил аспирантуру ИПФ РАН, работает младшим научным сотрудником в ИПФ РАН.

Диссертация выполнена в отделе физики атмосферы и микроволновой диагностики ИПФ РАН.

Научный руководитель – доктор физ.-мат. наук Фейгин Александр Маркович, зав. отделом физики атмосферы и микроволновой диагностики ИПФ РАН.

Официальные оппоненты, Грицун Андрей Сергеевич, доктор физ.-мат. наук, ведущий научный сотрудник ФГБУН «Институт вычислительной математики Российской академии наук», и Елисеев Алексей Викторович, доктор физ.-мат. наук, ведущий научный сотрудник кафедры физики атмосферы физического факультета, федеральное государственное бюджетное образовательное

учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация, ФГБУН «Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук» (г. Москва), в своем положительном заключении, подписанном главным научным сотрудником, доктором физ.-мат. наук, профессором Дмитриевым Александром Сергеевичем и утвержденном директором ИРЭ РАН членом-корреспондентом РАН Никитовым Сергеем Аполлоновичем, указала, что диссертация А. С. Гаврилова представляет собой законченную научно-квалификационную работу, удовлетворяющую всем требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 – «радиофизика».

Соискателем по теме диссертации опубликовано 6 статей в рецензируемых журналах, получено 4 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ, опубликована 61 работа в трудах всероссийских и международных конференций. Наиболее значимыми работами являются:

1. Gavrilov A.S., Seleznev A.F., Mukhin D.N., Loskutov E.M., Feigin A.M., Kurths J. Linear dynamical modes as new variables for data-driven ENSO forecast // *Climate Dynamics*. 2019. Vol. 52, no. 3-4. P. 2199–2216.
2. Gavrilov A.S., Mukhin D.N., Loskutov E.M., Volodin E.M., Feigin A.M., Kurths J. Method for reconstructing nonlinear modes with adaptive structure from multidimensional data // *Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science*. 2016. Vol. 26, no. 12. P. 123101.
3. Mukhin D.N., Gavrilov A.S., Feigin A.M., Loskutov E.M., Kurths J. Principal nonlinear dynamical modes of climate variability // *Scientific Reports*. 2015. Vol. 5. P. 15510.
4. Gavrilov A.S., Loskutov E.M., Mukhin D.N. Bayesian optimization of empirical model with state-dependent stochastic forcing // *Chaos, Solitons and Fractals*. 2017. Vol. 104.

5. Mukhin D.N., Gavrilov A.S., Loskutov E.M., Feigin A.M., Kurths J. Nonlinear reconstruction of global climate leading modes on decadal scales // *Climate Dynamics*. 2018. Vol. 51, no. 5-6. P. 2301–2310.

На диссертацию и автореферат поступило 9 отзывов. Все отзывы положительные, в них отмечаются актуальность диссертации, научная новизна и практическая значимость полученных результатов.

В положительном отзыве ведущей организации сделаны замечания по содержанию диссертации: 1) требуется пояснение, насколько результат поиска нелинейных мод устойчив по отношению к слабому изменению границ анализируемого временного интервала; 2) требуется пояснение, почему в главе 3 при применении многомерных нелинейных динамических мод к данным рассматривается лишь частный случай двумерных нелинейных мод; 3) представляется целесообразным анализ других климатических характеристик, помимо температуры поверхности океана.

Положительный отзыв официального оппонента д.ф.-м.н. А.С. Грицуна содержит, наряду с редакционными, следующие замечания: 1) не показаны преимущества учета годового хода и медленного воздействия в главе 1; 2) требуется пояснить отсутствие зависимости стохастической части от состояния системы в главе 1; 3) не ясно, почему в п. 2.4 анализ для модели INMCM4 сделан для доиндустриального эксперимента, а не для 1981-2014, как и в п. 2.3; 4) имеется ли физическая интерпретация изменения сложности динамики и характера связей между регионами; 5) не понятно, для каких дат делается прогноз, с каких начальных дат стартует модель, сколько всего сделано прогнозов для СКО на Рис 4.2; 6) в работе мало информации о численной реализации алгоритмов; 7) проводились ли попытки использовать другие базисы для построения НДМ.

Положительный отзыв официального оппонента д.ф.-м.н. А.В.Елисеева содержит, наряду с редакционными и стилистическими, следующие замечания: 1) во Введении не указаны некоторые принципиальные недостатки эмпирических моделей; 2) возможно ли обобщение модели в главе 1 на случай неаддитивного шума; 3) годовой ход в модели описывается единственной синусоидальной составляющей; 4) в разделе 2.2.3 стоило бы протестировать возможность оценки с

помощью модели временных масштабов, проявляющихся в данных; 5) в разделе 2.3.4 желательно сравнить результаты автора с результатами, получаемыми методом телеконнекций; 6) пространственная структура NDM2 на рис. 2.6 подобна не ЭНЮК (как это утверждается на с. 70), а ТДК; 7) недостаточно чётко описан алгоритм расчёта НДМ в конце раздела 2.2.2; 8) в разделе 3.3 следовало бы более подробно обсудить преимущества МНДМ по сравнению с НДМ ввиду выявленной аддитивности (соотношение (3.6)); 9) результаты, представленные на рис. 3.3, целесообразно сравнить с данными других работ по исследованию индекса PDO; 10) предлагается проверить способность модели воспроизводить зависимость характеристик ЭНЮК от изменений климата.

Положительный отзыв на автореферат д.ф.-м.н. Д.А.Смирнова (Саратовский филиал ИРЭ РАН, г. Саратов) содержит вопрос о влиянии на результаты искусственно вносимых связей и замечание о необходимости пояснения термина «причинно-следственные связи». Положительный отзыв на автореферат д.г.н. Д.Ю.Гущиной (географический факультет МГУ, г. Москва) содержит предложения по проверке возможности моделирования разных типов Эль-Ниньо и способности найденных нелинейных мод воспроизводить динамику индекса IPO. В положительном отзыве к.ф.-м.н. С.В.Кравцова (Институт океанологии им. П.П.Ширшова РАН, г. Москва) содержится комментарий о недостаточном акценте на универсальность предлагаемых подходов и методик. В положительном отзыве на автореферат д.ф.-м.н. Г.В. Осипова (ННГУ им. Н.И.Лобачевского, г. Нижний Новгород) сделаны редакционные замечания. Положительные отзывы на автореферат д.ф.-м.н. Б.П.Безручко (Саратовский государственный университет, г. Саратов) и д.ф.-м.н. А.В. Глазунова (ИВМ РАН, г. Москва) замечаний не содержат.

На все вопросы и замечания, содержащиеся в отзывах, А.С.Гавриловым были даны удовлетворительные ответы и комментарии.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обоснован тем, что оппоненты являются признанными высококвалифицированными специалистами в области радиофизики и моделирования климатических процессов, а одним из

направлений деятельности ведущей организации является реконструкция динамических систем по временным рядам.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- разработан новый метод построения стохастической модели оператора эволюции, учитывающий такие особенности моделируемой системы, как ее пространственная распределенность, нелинейность, нестационарность, наличие различных внешних воздействий;
- разработан новый метод эмпирической редукции размерности пространственно распределенных данных (метод нелинейных динамических мод), учитывающий нелинейность связей между процессами в пространственно разнесенных точках и существование разных характерных временных масштабов эволюции системы;
- найдено три статистически значимых нелинейных моды изменчивости современного климата, которые описывают годовую изменчивость климатической системы, а также значительную часть тихоокеанской и атлантической динамики, включая Эль-Ниньо Южное Колебание (ЭНЮК);
- подтверждено наличие четырех климатических сдвигов в XX веке, которые могут быть ассоциированы со сменой фазы Тихоокеанского декадного колебания;
- показано, что структура дальних связей ЭНЮК, будучи линейной в конце XIX века, стала существенно нелинейной, начиная с 60-х годов XX века;
- создана и внедрена в международную систему оперативного предсказания прогностическая эмпирическая модель ЭНЮК.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что разработка новых методов реконструкции пространственно распределенных систем позволяет проводить объективный анализ данных наблюдений, способствующий выявлению и пониманию физических механизмов различных явлений, наблюдаемых в исследуемой системе, а также верификации имеющихся гипотез об этих явлениях.

Практическая значимость работы состоит в том, что применение разработанных методов к современному климату дало объективную информацию об устройстве связей в этой системе, а также позволило создать модель для

оперативного прогноза индексов явления Эль-Ниньо, существенно влияющего на режимы погоды в различных регионах земного шара.

Оценка достоверности результатов исследования выявила хорошее соответствие аналитически рассчитанных ценовых функций и их численной проверки на модельных примерах. Полученные по реальным данным результаты об устройстве климатической системы согласуются с известными ранее фактами. Результаты диссертации опубликованы в ведущих журналах, докладывались на международных и всероссийских конференциях.

Личный вклад соискателя состоит в том, что при его ключевом участии происходила математическая постановка задач, им выполнены все присутствующие в работе аналитические расчеты, предложены, реализованы и проверены на модельных примерах алгоритмы всех разработанных методов. Анализ и обсуждение результатов применения разработанных методов к климатическим данным выполнялись при непосредственном участии автора.

На заседании от 28.10.2019 г. диссертационный совет принял решение присудить Гаврилову А.С. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 22 человек, из них 11 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 31 человека, входящего в состав совета, проголосовали: за – 22, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Заместитель председателя диссертационного совета

член-корреспондент РАН

В.В.Кочаровский

Ученый секретарь диссертационного совета

доктор физ.-мат. наук

Э.Б. Абубакиров

«28» октября 2019 г.

Подписи В.В.Кочаровского и Э.Б.Абубакирова заверяю

Ученый секретарь ИПФ РАН к.ф.-м.н.



И.В.Корюкин