

«УТВЕРЖДАЮ»

ВРИО директора ИФА им. А.М. Обухова РАН  
д.ф.-м.н. Семенов В.А.



10 марта 2020 г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики атмосферы им. А.М. Обухова Российской академии наук

Диссертационная работа К.Е. Мурышева «Взаимное запаздывание между изменениями глобальной температуры и содержания углекислого газа в атмосфере» выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте физики атмосферы им. А.М. Обухова Российской академии наук (ИФА им. А.М. Обухова РАН). В период подготовки диссертации соискатель работал в Лаборатории теории климата ИФА им. А.М. Обухова РАН. В 2008 г. окончил Московский физико-технический институт (МФТИ). В 2008 – 2011 гг. проходил обучение в аспирантуре МФТИ.

Удостоверения о сдаче кандидатских экзаменов выданы: Государственным образовательным учреждением высшего профессионального образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)» в 2011 г. и Федеральным государственным бюджетным учреждением науки Институте физики атмосферы им. А.М. Обухова Российской академии наук 2017 г.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Лаборатории теории климата ИФА им. А.М. Обухова РАН Елисеев Алексей Викторович.

По результатам рассмотрения диссертации К.Е. Мурышева «Взаимное запаздывание между изменениями глобальной температуры и содержания углекислого газа в атмосфере» принято следующее заключение:

Определение роли естественных и антропогенных факторов современных изменений климата – одна из основных проблем современной науки. В связи с этим является актуальным исследование того, как при различных типах воздействий на климат причинно-следственные связи между изменениями глобальной температуры и содержания  $\text{CO}_2$  в атмосфере сказываются на их взаимном запаздывании.

В 2013 г. перед К.Е. Мурышевым была поставлена задача анализа временных сдвигов между вариациями глобальной температуры и содержания углекислого газа в атмосфере. Важность этой задачи связана с тем, что по данным ледового бурения для ледниковых циклов плейстоцена, реконструкциям для последних нескольких столетий и данным инструментальных наблюдений для последних десятилетий содержание углекислого газа в атмосфере в ряде случаев запаздывает относительно изменений приземной температуры. Этот факт часто используется в качестве аргумента против антропогенного вклада в современные климатические изменения. Однако в диссертационной работе К.Е. Мурышева показано, что современные климатические модели, с одной стороны, способны воспроизводить запаздывание содержанием  $\text{CO}_2$  в атмосфере относительно температуры, с другой - воспроизводят потепление климата XX века во многом как результат антропогенных эмиссий парниковых газов. Таким образом, такое запаздывание не может служить аргументом против антропогенной теории изменений климата.

Следует отметить, что Кирилл Евгеньевич не только блестяще справился с решением поставленной задачи, но и существенно расширил её первоначальную постановку. В частности, ему принадлежат идеи о зависимости временного сдвига между содержанием  $\text{CO}_2$  в атмосфере и температуры от временного масштаба воздействия, а также об особенностях

этого сдвига при эмиссиях более чем одного антропогенного парникового газа.

В диссертационной работе получен ряд новых научных результатов:

1. Показано, что взаимное запаздывание между температурой  $T$  и содержанием  $\text{CO}_2$  в атмосфере  $q_{\text{CO}_2}$  не противоречит представлениям о значимости антропогенного вклада в современные климатические изменения.
2. Впервые показано, что знак временного сдвига между изменениями  $T$  и  $q_{\text{CO}_2}$  зависит от типа внешнего воздействия на Земную климатическую систему (ЗКС) и его временного масштаба.
3. Впервые продемонстрированы конкретные механизмы климатических изменений, при реализации которых в случае непарникового внешнего воздействия изменения  $q_{\text{CO}_2}$  опережают по фазе вызывающие их изменения  $T$ , а в случае парникового внешнего воздействия изменения  $T$  опережают по фазе изменения  $q_{\text{CO}_2}$ , являющиеся основной причиной их возникновения.
4. Впервые изменения «опережающей переменной» как отклик на изменения «запаздывающей» были получены в линейной модели климатической системы.

Полученные результаты свидетельствуют о невозможности в общем случае определить характер причинно-следственной связи между двумя коррелируемыми переменными по временному сдвигу между их изменениями без привлечения физических представлений о природе их взаимодействия.

Представления о механизмах формирования временных сдвигов между изменениями климатических переменных, полученные в рамках данной работы, могут быть использованы для уточнения интерпретации данных наблюдений и палеореконструкций.

Результаты работы докладывались на заседании бюро ОНЗ РАН, заседании совета по климату РАН, а также на российских и международных

конференциях, школах, семинарах, в том числе на семинарах Лаборатории теории климата и Отдела исследования климатических процессов ИФА им. А.М. Обухова РАН, семинаре НИВЦ МГУ «Суперкомпьютерное моделирование климатической системы» (2016), семинаре отдела климатологии Института географии РАН (2016), семинаре ИГКЭ (2016), семинаре ААНИИ (2016), семинаре Потсдамского института исследования климатических воздействий (2016), Международной конференции «Турбулентность, динамика атмосферы и климата» им. А.М. Обухова (Москва, 2018), 12-й Международной конференции «Физика атмосферы, Климат и Окружающая среда» (Нанкин, Китай, 2017), четвёртой международной конференции по проблемам моделирования земной системы 4ICESM (Гамбург, 2017), XXII Международном симпозиуме "Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы" (Томск, 2016), международной конференции "ГеоСибирь-2016" (Новосибирск, 2016), Международной школе-конференции молодых ученых «Состав атмосферы. Атмосферное электричество. Климатические процессы» (Туапсе, 2015 г.; Майкоп, 2018 г.), международной конференции молодых ученых «Изменения климата и природной среды Северной Евразии: анализ, прогноз, адаптация» (Кисловодск, 2014 г.).

Материалы диссертации изложены в 13 публикациях (из них 4 в журналах, рекомендованных ВАК), в которых содержатся все основные результаты диссертационной работы.

Диссертация К.Е. Мурышева представляет собой законченное научное исследование, актуальна и выполнена на высоком научном уровне. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения логичны и обоснованы.

Работа отвечает требованиям, предъявляемым ВАК Минобрнауки России к кандидатским диссертациям, предусмотренных в пункте 14 Положения о порядке присуждения научных степеней.

Диссертация Мурышева Кирилла Евгеньевича «Взаимное запаздывание между изменениями глобальной температуры и содержания углекислого газа в атмосфере» рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.29 – «Физика атмосферы и гидросферы».

Зав. лабораторией теории климата  
академик РАН, д.ф.-м.н.



Мохов И.И.