

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию Стадхолма Джошуа Генри Пола «Тропические циклоны и крупномасштабная динамика атмосферы», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.29 – Физика атмосферы и гидросферы.

Диссертация посвящена исследованию эволюционной структуры и динамической изменчивости тропических циклонов в земной атмосфере при их взаимодействии с крупномасштабными процессами в климатической системе Земли. Физические механизмы взаимодействия между глобальным тропическим циклогенезом и региональными циклогенезами с крупномасштабными климатическими процессами к настоящему времени изучены недостаточно полно и, в первую очередь, в силу огромного различия в пространственно-временных масштабах самих этих процессов. Понимание роли тропических циклонов (ТЦ) в динамике климата автор диссертации сводит к двум ключевым вопросам: (1) о роли ТЦ в поддержании квазиравновесного состояния климатической системы и (2) о реакции изменчивости пространственно-временных характеристик циклогенеза на возможную вариацию климатических режимов. Актуальность изучения указанных вопросов для физики атмосферы и гидрологии является несомненным.

Оригинальность и новизна работы состоят в том, что предметом защиты является новое решение фундаментальной научной проблемы – получение достоверных оценок меридионального распределения тропических циклонов и выявление механизмов, ответственных за меридиональное смещение их траекторий на основе анализа данных натурных и спутниковых наблюдений и идеализированных экспериментов с численной моделью. Новые результаты, составляющие основные положения, выносимые на защиту, рассмотрены ниже при оценке содержания работы.

В ходе исследования автором был решен ряд конкретных задач, в том числе: выполнен всесторонний анализ данных натурных наблюдений для траекторий ТЦ и циркуляции Хэдли; на основе предложенного алгоритма удалось идентифицировать и количественно охарактеризовать крупномасштабные атмосферные и океанологические процессы, влияющие одновременно на эволюционный цикл ТЦ и циркуляцию Хэдли; выполнены численные эксперименты с идеализированной моделью общей циркуляции атмосферы с целью получения количественных оценок влияния различных факторов на поведение ТЦ; впервые предложен алгоритм для разделения тропических и внетропических циклонов на основе анализа их термодинамической и динамической

структуры; впервые сделан вывод о том, что для объяснения одновременных изменений в тропических циклонах и характеристиках циркуляции Хэдли недостаточно использовать исключительно градиент температуры между полюсом и экватором.

Работа логично структурирована. В ней последовательно рассматриваются - текущее состояние исследований; детальный анализ данных наблюдений; описывается конфигурация модели общей циркуляции атмосферы; приведены характеристики циклонов на основе алгоритма трекинга аномалий в поле потенциальной завихренности; производится сопоставление результатов, полученных на основе анализа данных натурных наблюдений и результатов численного моделирования.

Диссертация состоит из введения, пяти глав и заключительного раздела «Выводы и дальнейшие перспективы», также списка использованных источников и списка основных работ автора, опубликованных в журналах, входящих в перечень Scopus, Web of Science и RSCI. Объем тома составляет 185 страниц, включая 48 рисунков и 6 таблиц. Список литературы включает 427 используемых работ, опубликованных в ведущих научных журналах.

Во Введении достаточно убедительно изложены необходимые для общей характеристики работы пункты (обоснование актуальности темы, основная цель, задачи, научная новизна, положения, выносимые на защиту, достоверность результатов, практическая значимость, личный вклад автора, апробация результатов исследований).

В Главе 1 на основании анализа литературных источников проводится обзор текущего состояния исследований по теме диссертации, и делается вывод об отсутствии полного понимания связи эволюции и энергетики ТЦ с особенностями крупномасштабных климатических процессов, в частности, явления смещения широт максимальной интенсивности по направлению к полюсам Земли (обзоры литературы по конкретным рассматриваемым вопросам представлены в соответствующих разделах).

Автор также считает, что существенным ограничением современных представлений о циркуляции Хэдли является их несогласованность с результатами вихреразрешающего моделирования атмосферы. На основе анализа в приближении невязкой жидкости автор делает вывод о том, что граничные широты распространения циркуляции Хэдли могут быть выражены через меридиональные градиенты температуры поверхности океана (ТПО).

Глава 2 посвящена анализу данных наблюдений и обсуждаются различные подходы к количественной оценке траекторий ТЦ и их изменчивости в климатических данных и в результатах численного моделирования. В работе получены долгосрочные (35-летние) тренды для меридиональной протяженности и интенсивности циркуляции

Хэдли, а также вывод о том, что меридиональная протяженность циркуляции Хэдли определяет более 35% межгодовой изменчивости средних широт формирования и максимальной интенсивности ТЦ как в целом по Мировому океану, так и в Тихом океане. Вывод автора по результатам данной главы достаточно важен: необходимо обновленное численное моделирование, где в рамках одной модели необходимо разрешить процессы с большим разбросом пространственных масштабов.

В целом, глава 2 содержит важные результаты, несомненно имеющие научную новизну и составляющие основу выносимых на защиту положений. По моему мнению, наиболее существенными из них являются следующие: выявление одновременных колебаний меридионального распределения ТЦ и характеристик циркуляции Хэдли, что справедливо как для междекадной изменчивости, так и для межгодовой изменчивости в период 1981-2016гг. Значительный вклад в эти колебания может вносить изменчивостью системы Эль-Ниньо – Южное колебание (ЭНЮК).

В главе 3 описана конфигурация идеализированной модели общей циркуляции атмосферы, адаптированная для решения данной задачи. И в первую очередь, адаптивная конфигурация модели позволяет разрешить конвективные особенности во внутритропической зоне конвергенции (ВЗК) и в теле ТЦ и в тоже время воспроизвести циркуляцию Хэдли, а также одну или две бароклинные волны в средних широтах. Автор предлагает и описывает процедуру гипогидростатического масштабирования. Таким образом автор предполагает о возможном повышении горизонтальной разрешающей способности с 15 км до 1 км для модернизированной модели.

В Главе 4 рассматриваются характеристики ТЦ, полученных на основе алгоритма трекинга аномалий в поле потенциальной завихренности. Показано, что стандартный подход разделения ТЦ и среднеширотных (внетропических) циклонов не разделяет эти типы циклонов. Автор делает важное заключение о том, что исторически принятое разделение на основе широты является несостоятельным. Следует отметить, что проведенные детальные спутниковые наблюдения подтверждают этот вывод. Автор предлагает новый подход, основанный на анализе геопотенциальных высот нижней и верхней границ тропосферы.

В Главе 5 автор обсуждает и сопоставляет результаты, полученные на основе анализа данных натурных экспериментов и результатов численного моделирования. Анализ результатов моделирования и данных реанализа показал, что характеристики струйных мезомасштабных течений играют ключевую роль в установлении меридиональных границ циркуляции Хэдли.

В Заключении суммированы основные полученные результаты и выводы.

Достоверность представленных результатов определяется широким применением статистических тестов достоверности и подробным анализом всех возможных неопределенностей, а также физической непротиворечивости используемых в работе методов и рабочих гипотез. Кроме того, результаты были автором получены на основе анализа современных и апробированных баз данных.

Практическое значение работы заключается в том, что полученные фактические результаты по моделированию сложного процесса взаимодействия сильно различных в пространственно-временном масштабе атмосферных явлений существенно расширяют понимание долгопериодной изменчивости тропического циклогенеза и его связи с атмосферными воздействиями и могут быть использованы для верификации и совершенствования климатических моделей в целях улучшения долгосрочных прогнозов.

Поскольку зоны взаимодействия являются как правило областями высокой биопродуктивности и естественными границами морских экосистем, данные об их долгопериодной изменчивости могут использоваться при решении практических вопросов, связанных с промыслом морепродуктов, сохранением биоразнообразия и охраной окружающей среды.

Я не имею принципиальных замечаний по основному содержанию и результатам работы. Из замечаний, не влияющих на общую положительную оценку диссертации, могу отметить следующее: внутритропическая зона конвергенции является в кинематическом плане экваториальной ветвью циркуляции Хэдли и в то же время в термодинамическом аспекте является гигантским аккумулятором скрытой теплоты в виде скопления водяного пара повышенной концентрации. Иногда это поле называют «материнским» полем, поскольку именно из недр этого поля и формируются тропические циклоны, которые выхватывают из материнского поля значительные поля водяного пара и питаются от них ТЦ либо интенсифицируется, либо диссипирует (модель «верблюда»). Все эти результаты спутниковых наблюдений подробно изложены в целой серии публикаций сотрудников ИКИ РАН как на русском языке, так и в переводе на английский язык и опубликованы в журналах, индексируемых в системах Web of Science и Scopus. К сожалению, в моделях, представленных в диссертации, эта термодинамическая компонента полностью отсутствует. И, таким образом, изымается из рассмотрения огромная термическая компонента, от которой и питается каждый ТЦ. Другими словами, тропическая часть циркуляции Хэдли как раз и есть источник скрытой теплоты, который эволюционирует точно также как и видоизменяется циркуляция

Хэдли. Вот эта и есть та самая корреляционная связь между ячейкой Хэдли и тропическим циклогенезом, которую уважаемый диссертант так упорно искал.

В целом, считаю, что диссертация Стадхолма Джошуа Генри Пола является законченным научным трудом, в котором на основании выполненных автором исследований представлено современное обобщение изменчивости глобального тропического циклогенеза и пространственно-временной изменчивости циркуляции Хэдли.

Основные результаты работы опубликованы в 4 статьях в ведущих научных зарубежных изданиях, входящих в список ВАКа. Результаты работы докладывались на семинарах в ведущих российских и зарубежных научных центрах и на международных конференциях. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Учитывая все вышесказанное, считаю, что работа Стадхолма Джошуа Генри Пола удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, несомненно, достоин присуждения ему степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.29 – физика атмосферы и гидросферы.

Официальный оппонент

доктор физико-математических наук, профессор,
заведующий отделом
исследования Земли из космоса ИКИ РАН

/Шарков Евгений Александрович/

« 01 » ноября 2018 г.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт космических исследований Российской академии наук
ул. Профсоюзная, д. 84/32
Москва, ГСП-7, 117997
Тел. 8 495 333 1366
e-mail: e.sharkov@mail.ru

Подпись Е.А. Шаркова заверяю.

Ученый секретарь ИКИ РАН

доктор физико-математических наук



Захаров Александр Валентинович /