

## ОТЗЫВ

председателя диссертационного совета на диссертацию  
Малышевой Алины Анатольевны на тему:  
**«Вихревая динамика южной части Атлантического океана на основе спутниковых, натуральных и модельных данных», представленную на соискание ученой степени кандидата географических наук по научной специальности 1.6.17. Океанология**

### *Актуальность темы*

Мезомасштабные (синоптические) вихревые структуры с типичными пространственными масштабами от десятков до сотен километров и временем существования от нескольких недель до нескольких месяцев встречаются почти повсюду в Мировом океане. В своей совокупности они способны оказывать значительное влияние на циркуляцию вод, определять перенос солей и тепла. В течение своей жизни вихри воздействуют или модулируют процессы диапикнального перемешивания и являются переходным звеном в цепи передачи энергии по каскаду масштабов от элементов крупномасштабной циркуляции к микроструктуре за счет взаимодействия со средним потоком. Благодаря чему они играют важную роль в поддержании глобальной термохалинной циркуляции во всем Мировом океане. Кроме того, синоптические вихри оказывают значительное влияние на процессы взаимодействия океана и атмосферы, определяя погоду в весьма удаленных от них регионах планеты. А также они часто ответственны за формирование областей повышенной биопродуктивности.

Особенности вихревой динамики юго-восточной части Атлантического океана во многом определяется интенсивностью «Агульсцова переноса». Под этим термином понимают воды, приносимые мезомасштабными вихрями, зародившимися в районе разворота системы течений Агульяс при движении из Индийского океана в Атлантический. Вихри «Агульсцова переноса» являются одним из важных звеньев водообмена в южном субтропическом антициклоническом круговороте в Атлантическом океане. Однако оценки вклада вихревой динамики в меридиональную термохалинную циркуляцию, полученные разными методами, весьма противоречивы. Предметом дискуссии являются как характерные масштабы пройденных вихревыми структурами расстояний, так и время их существования. Заполнить существующие пробелы представляется возможным при условии комплексирования разнородных видов данных и методических подходов.

Соответственно уточнение специфических особенностей мезомасштабной вихревой динамики Южной части Атлантического океана на основе комплексного анализа альтиметрических, модельных и натуральных данных представляется актуальной задачей, важной для расширения знаний в области физической географии Мирового океана в целом.

### *Оценка структуры и содержания работы*

Текст диссертации состоит из введения, пяти глав и заключения.

**В первой главе**, называющейся **Физико-географическое описание района**, приведен анализ литературных источников, посвященных исследованию течения Агульяс, и приведена схема циркуляции Южной Атлантики. Однако само физико-географическое описание региона исследований не представлено.

Содержание главы не позволяет получить представления о географических особенностях формирования гидрологического режима и течений региона Южной Атлантики, важных для последующего понимания сути работы.

В частности, отсутствует описание:

- морфометрии бассейна (характеристик рельефа дна и береговой черты) иллюстрированное подробной картой;
- региональной циркуляции атмосферы, формирующей поверхностную динамику вод южной части Атлантического океана, а также явление апвеллинга у Африканского континента;
- особенностей формирования и распределения полей температуры и солености формирование которых связано с фоновой для вихревой динамики циркуляцией глубинных вод.

**Во второй главе** описаны используемые данные, методы их анализа. Рассмотрены методические вопросы анализа вертикальной структуры вихрей, расчета вихревого транспорта, потенциальной завихренности, оценки переноса вод с помощью пассивных трассеров.

Текст главы хорошо структурирован, все методики изложены лаконично, но четко. Несмотря на то, что глава носит технический характер, она показывает хороший уровень проработки материала соискателем.

**В третьей главе** рассматривается такое понятие, как «Агульясов перенос», а именно их пространственная, сезонная и межгодовая изменчивость в южной части Атлантического океана, оцениваются характеристики отдельных структур на основе комплексного анализа данных контактных и спутниковых наблюдений, на основе лагранжева моделирования оцениваются особенности трансформации вод в вихревых структурах.

Глава является одной из ключевых в данной работе. Особенно интересны полученные оценки встречаемости вихревых структур, так же транспорта тепла и соли отдельными мезомасштабными вихрями. Однако не ясно, почему в главе отсутствует обобщающий вывод, хотя его можно найти в разделе заключение.

**В четвертой главе** исследуется меридиональное смещение вихрей Агульяса, а также анализируются теоретические подходы к данному явлению.

Глава, как и является предыдущая, является одной из ключевых в данной работе. Выводы этой части работы могут быть чрезвычайно полезными и важными при изучении бароклинности волн Россби.

**В пятой главе** посвящена исследованию кинематических и динамических характеристик разнополярных вихрей и анализу эволюции кинетической и доступной потенциальной энергии вихрей в процессе их трансформации.

В целом в главе представлен интересные результаты, основанные на анализе процессов в области бинарной структуры разнополярных вихрей. Они позволяют сформировать физически представления о динамических параметрах вихревой динамики подобных структур на рассматриваемой акватории.

Однако отсутствие выводов по главе наводит на мысль, что часть результатов несколько выходит за рамки данного исследования их включение в диссертацию было не обязательно.

В целом диссертационная работа показывает способность автора выполнить широкий комплекс научных исследований с использованием большого массива разнородных данных, его обработки и анализа с использованием широкого круга различных методических подходов, а также интерпретации полученных результатов. Структурно диссертационное исследование выстроено логично и последовательно, хотя в конце каждой главы явно не хватает обобщающего вывода с кратким обсуждением полученных результатов.

#### ***Степень обоснованности положений и выводов***

Диссертационная работа показывает способность автора выполнить значительное и разноплановое научное исследование от сбора и синтеза данных до их обработки с применением принципиально различных методов анализа.

Научные результаты диссертации достаточно четко обоснованы и аргументированы, хотя отдельные их части требуют дополнительных пояснений. Обоснованность научных положений, сформулированных в диссертации, доказывается использованием обширного объема разнородных массивов данных. Выводы логически вытекают из материалов исследований и отражают поставленные задачи.

Формулировки защищаемых положений в полной мере отражают результаты работы. При этом тезисы о научной новизне работы и формулировки основных результатов заключения диссертационной работы раскрывают и дополняют понимание защищаемых положений.

### ***Достоверность и новизна результатов***

Основные положения и результаты диссертационной работы оригинальны, четко обоснованы и доказаны. В работе использовались верифицированные данные глобального вихреразрешающего океанических реанализа Мирового океан GLORYS12V1; дрейфующих буев-профилемеров Argo; массива Mesoscale Eddies in Altimeter Observations of SSH (МЕТА 3.2), содержащего данные о мезомасштабных вихрях, полученные методом автоматической идентификации и трекинга по данным спутниковых альтиметрических наблюдений. Анализ данных выполнялся при помощи широкого круга методов анализа, не раз апробированных другими исследователями.

Автором было впервые сделано следующее для рассматриваемой акватории: по данным буев-профилемеров в сочетании с альтиметрией получены оценки тепло- и солесодержания в отдельном мезомасштабном вихре из системы «Агульсова переноса» и, соответственно, связанные с ним оценки расхода и переноса тепла и соли; на основе данных МЕТА3.2 получены количественные характеристики зонального и меридионального смещения вихрей, а также характеристики их геометрических и динамических параметров; предложена оригинальная версия эволюции начальной стадии зарождения вихрей; получены оценки изменения кинетической и доступной потенциальной энергии вихрей при их трансформации путем вытягивания.

Значительный личный вклад автора в исследование, так же как достоверность и новизна научных результатов работы, подтверждаются семью публикациями в ведущих рецензируемых журналах, четыре из которых в изданиях, индексируемых базами Scopus/Web of Science, а также большим числом выступлений на конференциях (материалы которых были опубликованы).

### ***В качестве замечаний можно отметить следующее:***

- При представлении метода со-локации необходимо дать разъяснения по применению критерия: «Профиль Argo расположен в ядре мезомасштабного вихря», так как понятие ядро вихря в методике ранее не вводилось.
- Необходимо разъяснить, как детектировались границы вихря в толще вод. Желательно так же показать их изменчивость во времени на конкретном примере.
- Необходимо дать оценку применимости лагранжева подхода с рассеянием искусственных частиц для анализа происхождения вод на рассматриваемой акватории южной части Атлантического океана из-за наличия там областей ярко выраженных вертикальных движений (например, районов апвеллинга и субполярного фронта), а также корректности его применения на длительных (годовых) интервалах времени (например, из-за сезонной разности конвективных процессов и модификации водных масс).
- Требуется пояснить причины исчезновения и возникновения аномалий температуры и солёности, связанные с вихревой структурой и представленные на рис. 3.4.
- В разделе 3.3 утверждается, что: «Используя совместно данные таблицы 3.2 и статистику вихрей, представленную на рисунке 3.2, мы можем оценить соответствующие оценки Агульсова переноса для каждой долготы Южной

Атлантики, умножив эти оценки на число вихрей.» Однако, данные таблицы соответствуют только одному вихрю, а статистика, приведенная на рисунке, характеризует только встречаемость вихрей. Возникает двойной вопрос почему не усреднены данные по всем 6 вихрям отобранном методом со-локации, и как соотносятся характеристики отобранных и всех остальных зарегистрированных проявлений? Без развернутого ответа на него представленные оценки не представляются корректными.

- В разделе 3.4.1 есть фраза «вихри в выбранных трех зонах различаются по механизмам их образования», но далее упоминается только механизм баротропной и бароклиной неустойчивости. Желательно пояснить, какие механизмы доминируют в других зонах.
- В разделе 3.4.2 утверждается, что «...анализ Лагранжевых карт (рис. 3.16-3.21) показывает, что вихри в исследуемом регионе интенсивно взаимодействуют с окружающими водами.» Это означает, что они меняют свои термohалийные характеристики и соответственно занимаемый горизонт, однако проведенный анализ этого не учитывает. Желательно прокомментировать данное противоречие.
- Утверждения из раздела 4.1: «...траектории вихрей носят скорее квазилинейный, чем квазипараболический характер; вихри меньшего пространственного размера более склонны перемещаться в меридиональном направлении и имеют больший угол наклона к параллели», приводятся без математического подтверждения. Необходимо его представить.
- В разделе 5.2 рассматривается поведение вихрей Капской котловины при вытягивании на временных масштабах единиц дней. Однако во всей предыдущей работе делался акцент на долгоживущих структурах. Требуется пояснить насколько типичен данный эпизод для вихревой динамики южной части Атлантического океана, если в данных многолетних наблюдений обнаружен был лишь отдельный эпизод. Требуется сформулировать вывод, который покажет связь с общей идеей работы.
- В заключении крайне не хватает обобщающего вывода по работе, отвечающего поставленной цели исследования.

Отмеченный ряд замечаний не снижает впечатление от проведенного обширного и интересного исследования.

### ***Заключение***

Диссертация Малышевой Алины Анатольевны на тему: «Вихревая динамика южной части Атлантического океана на основе спутниковых, натуральных и модельных данных» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Малышева Алина Анатольевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата географических наук по научной специальности 1.6.17. Океанология. Нарушения пунктов 9 и 11 указанного Порядка в диссертации не установлены.

Председатель диссертационного совета:  
доктор географических наук, доцент, профессор кафедры океанологии  
Санкт-Петербургского государственного университета

05.09.2024



Зимин Алексей Вадимович