

52

**ОТЗЫВ официального оппонента
на диссертацию на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
Арутюняна Давида Арменовича
на тему: «Динамика квазигеострофического эллипсоидального вихря в
баротропном и бароклинном потоках»
по специальности 1.6.17 Океанология**

Актуальность темы и краткая характеристика работы

Диссертационная работа Арутюняна Давида Арменовича посвящена изучению динамики эллипсоидальных вихрей океана в бароклинных и баротропных потоках. Проблематика вихревой изменчивости и взаимодействия вихревых структур с крупномасштабными течениями является одной из центральных в современной океанологии и геофизической гидродинамике. Мезомасштабные вихри играют ключевую роль в процессах циркуляции, переносе тепла, импульса и химических свойств воды, а также в механизмах энергетического обмена между крупными и мелкими масштабами движения. Поэтому развитие теоретических и численных моделей, описывающих поведение вихрей в бароклинных условиях, представляет значительный интерес как в фундаментальном, так и в прикладном аспекте. Работа отличается целостностью, логикой изложения и глубиной проработки материала. Автор использует сочетание аналитических методов и численного моделирования, корректно применяет квазигеострофическое приближение, уделяет внимание физической интерпретации результатов и сопоставлению с современными теоретическими представлениями.

Актуальность исследования определяется необходимостью уточнения физических механизмов эволюции и устойчивости вихревых образований в баротропных и бароклинных течениях. Сложная трёхмерная структура таких движений делает невозможным их простое описание в рамках классических двумерных моделей. Работа направлена на выявление закономерностей поведения вихрей, анализ их энергетики и устойчивости, что важно для понимания процессов энергообмена и формирования субмезомасштабной изменчи-

ности. Полученные результаты имеют значение для совершенствования численных моделей циркуляции океана и прогнозирования вихревой активности.

ПОЛОЖЕНИЕ 1

В первом положении автором рассмотрена динамика эллипсоидального вихря во внешнем бароклинном потоке с вертикальным сдвигом скорости. Впервые выявлены три характерных режима его эволюции — выживания, конечного времени жизни и неограниченного вытягивания. Построены карты областей существования и переходов между этими режимами в пространстве безразмерных параметров вихря и внешнего потока. Показано, что бароклинность существенно влияет на форму, ориентацию и устойчивость вихря. Автор убедительно демонстрирует, что устойчивость эллипсоидальных вихрей определяется соотношением стратификации, интенсивности сдвига и геометрии вихревого ядра. Этот результат имеет фундаментальное значение для теории вихревых движений океана.

Научная новизна: впервые установлены режимы поведения трехмерных эллипсоидальных вихрей в бароклинных потоках и определены критерии переходов между ними.

Практическая значимость: полученные закономерности могут быть использованы для диагностики устойчивости вихревых образований и интерпретации спутниковых наблюдений вихрей различного масштаба.

ПОЛОЖЕНИЕ 2

Во второй части работы исследуются энергетические характеристики вихревых структур как в баротропных, так и в бароклинных потоках. Автором показано, что при вытягивании вихря происходит перераспределение кинетической и потенциальной энергии — её перекачка от вихревого ядра к внешнему потоку. Этот процесс автор связывает с механизмом обратного энергетического каскада, характерного для стратифицированных жидкостей.

Научная новизна: впервые выполнен теоретический анализ энергетики вытягивающихся эллипсоидальных вихрей в баротропных и бароклинных условиях; показано существование универсального механизма деградации вихрей через обратный каскад энергии.

Практическая значимость: результаты важны для параметризации процессов энергообмена в моделях общей циркуляции и при анализе устойчивости вихревых образований по данным наблюдений.

ПОЛОЖЕНИЕ 3

Автором проведён анализ числа Россби, характеризующего степень геострофичности вихревого движения. Показано, что в бароклинных потоках вихрь сохраняет геострофическое равновесие во всех трёх режимах поведения, что подтверждает применимость квазигеострофической модели. В баротропных же условиях, особенно при режиме вытягивания, происходит рост числа Россби и отклонение от геострофического состояния, что приводит к формированию агеострофических структур. Этот результат имеет важное значение для понимания пределов применимости геострофических приближений.

Научная новизна: впервые прослежена динамика числа Россби в ходе эволюции вихря в разных типах течений и показано различие механизмов его изменения.

Практическая значимость: результаты позволяют уточнить условия перехода от геострофических к агеострофическим движениям, что важно при построении моделей мезомасштабных процессов и интерпретации наблюдаемых структур.

Замечания по диссертации в целом

1. Исследование проведено в рамках квазигеострофического приближения и малых чисел Россби, что ограничивает применимость модели к субмезомасштабным процессам.
2. В модели не учитываются β -эффект, что несколько сужает возможности количественного сопоставления с натурными процессами.
3. Вопрос количественной оценки перехода от геострофического к агеострофическому режиму требует более подробного анализа, например определения пороговых значений числа Россби.

Заключение

Диссертация выполнена на высоком научном и методическом уровне, отличается логичностью изложения и полнотой анализа. Автор продемонстрировал глубокое понимание физической сущности исследуемых процессов, грамотное использование математического аппарата и корректную интерпретацию полученных результатов. Работа производит впечатление завершенного, самостоятельного исследования. В целом, диссертация представляет собой значительный вклад в развитие теории вихревых движений в океане и отвечает современным требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Все приведённые замечания носят рекомендательный и уточняющий характер и не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности 1.6.17 Океанология (по физико-математическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова. Диссертационное исследование оформлено согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соиска-

ние ученой степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Таким образом, соискатель Арутюнян Давид Арменович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.17 Океанология.

Официальный оппонент:

доктор географических наук,
директор Научного фонда «Международный центр по окружающей среде и дистанционному зондированию имени НАНСЕНА» (некоммерческая организация)

Башмачников Игорь Львович

23.10.2025г.

Контактные данные:

тел.: [REDACTED], e-mail: adm@niersc.spb.ru
Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация: 1.6.17 Океанология

Адрес места работы:

199034 Россия, Санкт-Петербург,
14-я Линия В.О., дом 7,
Бизнес-центр «Преображенский», офис 49,
Фонд «Нансен-центр»
Тел.: +7 (812) 324 51 03; e-mail: adm@niersc.spb.ru

Подпись И.Л. Башмачникова «УДОСТОВЕРЯЮ»
Гл. бухгалтер Научного фонда «Международный центр по окружающей среде и дистанционному зондированию имени НАНСЕНА»
Ева Елена Борисовна

23.10.2025г.