«УТВЕРЖДАЮ»

Директор научного фонда
«Международный центр по окружающей
среде и дистанционному зондированию
имени Нансена»

канд. физ.-мат. наук
Бобылев Л.П.

10 апреля 2019 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу
Атаджановой Оксаны Алишеровны
«ОСОБЕННОСТИ СУБМЕЗОМАСШТАБНОЙ ВИХРЕВОЙ ДИНАМИКИ БАРЕНЦЕВА, КАРСКОГО И БЕЛОГО МОРЕЙ ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ»,
представленную на соискание ученой степени
кандидата географических наук по специальности 25.00.28 – Океанология

Диссертационная работа Атаджановой Оксаны Алишеровны посвящена изучению особенностей пространственно-временной изменчивости характеристик субмезомасштабных вихревых структур в приливных арктических морях: Баренцевом, Карском и Белом морях. Это важная и актуальная научная работа. В диссертации анализируются поверхностные проявления вихревых структур в поле спутниковых радиолокационных изображений, оценены их параметры и пространственно-временная изменчивость.

Актуальность работы.

В последние несколько десятилетий с появлением высокоразрешающих спутниковых данных вихревые структуры с масштабами порядка единиц километров и временем жизни от часов до суток активно стали исследоваться в различных районах Мирового океана. Анализируются возможные механизмы их генерации (том числе и в лабораторных условиях), виды проявления в разных типах данных и их влияние на характеристики термохалинной структуры вод. При этом уже установлено, что малые вихри обладают значительным вертикальными скоростями, что необходимо учитывать при исследовании вертикальных потоков тепла и биотической продуктивности акваторий.

Для Арктических морей исследования субмезомасштабных вихревых структур ввиду малых пространственных и временных масштабов, а также сложных погодных условий носят крайне отрывочный характер, что не позволяет сформировать достаточно полные представления об их характеристиках и их пространственно-временной изменчивости. Такие исследования возможны при анализе открытых баз данных дистанционного зондирования Земли, которые стали доступны в последние десятилетия. В полярных районах исследование в видимом и инфракрасном диапазонах затруднено постоянной облачностью. Работа Атаджановой О.А., представляющая обобщение значительного объема радиолокационных спутниковых данных в полярных районах, представляет собой актуальное научное исследование

Структура и объем диссертации.

Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, списка условных сокращений и списка литературы из 139 наименований, изложена на 135 страницах, содержит 13 таблиц и 43 рисунка.

Основные результаты, полученные в диссертации.

Во введении обоснована актуальность работы, описана степень разработанности проблемы, сформулированы цель и задачи исследования,

описана область исследования, обоснованы методология и методы исследования, научная новизна, практическая и теоретическая значимость работы, приведены основные положения, выносимые на защиту, а также полный перечень публикаций по теме диссертации.

В первой главе рассматриваются предмет и объект исследования. Описана общая классификация масштабов неоднородностей гидрофизических полей, рассмотрены понятия субмезомасштаба и субмезомасштабных (малых) вихрей, а также возможные причины генерации и существующие методы исследования вихрей. Приведены общие характеристики Баренцева, Карского и Белого морей.

Во второй главе для Белого моря показаны особенности проявлений малых вихрей в разнородных типах данных, приведена методика выделения вихревых структур на радиолокационных изображениях, а также представлены результаты их анализа за теплый период 2009-2012 гг. (выявлены районы и периоды наибольшей встречаемости, оценена повторяемость диаметров). Описана изученность фронтальной изменчивости, а также выявлена связь регистрации проявлений вихрей и фронтальной динамики на примере 2010 г.

В третьей главе исследована пространственно-временная изменчивость проявлений субмезомасштабных вихревых структур в Баренцевом море на основе радиолокационных изображений за теплый период 2007 и 2011 гг. Также за тот же период внутримесячная и внутрисезонная фронтальная изменчивость показана связь районов и периодов частой регистрации проявлений вихрей с районами фронтальной динамики и значительных неровностей дна.

В четвертой главе описаны особенности пространственно-временной изменчивости малых вихрей и фронтальных зон в Карском море, зависимость между районами частой регистрации проявлений вихрей и положением фронтальных зон, а также топографическими эффектами.

В заключении приведены обобщенные результаты исследования по Баренцевому, Карскому и Белому морям, а также сформулированы общие закономерности, характерные для трех приливных арктических морей.

Обоснованность и достоверность результатов.

Основные положения и результаты диссертационной работы достаточно четко обоснованы и доказаны, что подтверждается глубоким анализом данных с высоким разрешением при помощи общепринятых методик, апробированных другими исследователями. Объем использованных в работе данных (свыше 3,5 тысяч высокоразрешающих спутниковых снимков) может считаться репрезентативным, а используемые методы количественной оценки позволили минимизировать фактор субъективности.

Выводы, полученные в рамках диссертации, подтверждаются аналогичными исследованиям для других морей.

Научная и практическая значимость.

Представленные в работе результаты показывают распространённость субмезомасштабных вихревых структур на акватории Баренцева, Карского и Белого морей в теплый сезон, что приводит к необходимости учета их влияния на процессы вертикального и горизонтального перемешивания в Арктических морях.

Полученные закономерности пространственно-временной изменчивости характеристик субмезомасштабных вихрей могут улучшить представления о механизмах перераспределения вещества и расширить понимание динамики на локальных акваториях.

Научная новизна исследования заключается в развитии представлений о пространственно-временной изменчивости динамики вихрей на субмезомасштабе в полярных регионах, а также механизмов их генерации. Впервые получены районы частой регистрации проявлений субмезомасштабных вихрей в Баренцевом, Карском и Белом морях,

сформулированы закономерности пространственно-временной изменчивости их характеристик.

Достоверность и научная новизна работы подтверждаются публикациями в специализированных журналах из списка ВАК (7 статей) и полученным авторским свидетельством на базу данных.

Рекомендации по использованию результатов диссертации.

Выявленные районы частой регистрации субмезомасштабных вихрей, а также характеристики их поверхностных проявлений могут использоваться при численном моделировании динамики вод верхнего слоя и учете их влияния на процессы вертикального и горизонтального перемешивания.

Замечания

1. В части 1.1.1. плохо разделяются понятия мезомасштаб и субмезомаштаб. Сегодня наиболее часто используется наиболее физичная классификация, где мезомасштабные вихри определяются как вихри с характерным радиусом порядка первого бароклинного радиуса деформации Россби. Это наиболее вероятный размер вихрей, сформировавшихся в результате динамической неустойчивости течений (см., например, Cushman-Roisin and Beckers 2011). На этом стоило основывать классификацию в работе.

   Однако, на стр 10 указывается, что работа посвящена исследованию исключительно субмезомаштабных вихревых структур радиусом «преимущественно от 2 до 4 км (до 55 %)», в то время как, первый бароклинный радиус деформации Россби в исследуемых районах составляет 3-4 км и менее (стр.24, Nurser and Becon, 2014). На стр. 23 указано, что вихри размером порядка радиуса деформации Россби являются субмезомасштабными, что неверно. На стр. 24 вдруг автор переходит к совершенно другой классификации указывая, что «к субмезомасштабным структурам относят малые вихри, которые имеют характерные диаметры от сотен метров до десятка километров.»

Следовало указать, что в работе исследуются мезомасштабные и субмезомаштабные вихри, оба типа которых в высоких широтах перспективно исследовать по радарным спутниковым снимкам.

2. Совместное использование различных классификаций запутывает изложение. Так, на стр. 25, где упоминаются «фрикционные вихри», хотя это результат описанной ранее баротропной или бароклинной неустойчивости потока. Нет смысла вводить оба понятия. Также на стр.66 говорится о «топографической неустойчивости» течений – такого термина не существует.
3. На мезомаштабах и субмезомасштабах приближения квазигеострофии (да и просто геострофии) и гидростатики достаточно хорошо описывают динамику вихрей (Carton, 2001), что противоречит утверждениям автора (стр.23, последний абзац).
4. Стр.25 указанное условие (1.2) получено на основе анализа порядка величин слагаемых уравнения Тейлора Гольдштейна и, строго говоря, не является необходимым условием развития бароклинной неустойчивости. В книге Каменковича и др. (1982) сказано, что это условие означает, что мезомасштабные вихри не могут быть МНОГО МЕНЬШЕ, чем радиус деформации. Список необходимых условий динамической неустойчивости включает анализ вертикальных и(или) горизонтальных профилей потенциальной завихренности и скорости течения.
5. Также на стр.71 (глава про Баренцево море). Выполнение формулы 1.2 ничего не означает. Об этом дополнительно свидетельствует интересный результат на стр.89, где показана связь количества вихрей с фазой прилива вблизи топографии. Все вихри, видимо топографически генерированные приливом имели масштаб 1го радиуса деформации Россби. Аналогично – для Карского моря.
6. Стр.44 «Было показано, что районы частой регистрацией вихрей характеризовались усилением в 1,5–2 раза вертикального и

горизонтального турбулентного обмена, а где формирование вихревых структур над неровностями дна связано с приливной динамикой». Более интенсивный турбулентный обмен может быть связан также с мелкомасштабной турбулентностью при больших сдвигах скорости, образованием и обрушением внутренних волн.

7. На стр.47-49 дано подробное натурное исследование малого вихря, что представляет большой интерес. Однако, нигде не указано-циклонический это вихрь или антициклонический. Также были бы интересны вертикальные разрезы через ядро вихря, особенно в связи с утверждением об изменении им термохалинной структуры вод (стр.49).
8. Объяснение преобладания циклонических вихрей над антициклоническими наличием наличием фоновой циклонической завихренности неверно. Масштабы круговоротов и масштабы генерируемых на течении вихрей несопоставимы, и общее поле завихренности мало влияет не преобладающий характер типа генерируемых неустойчивостей. Как правило в океане отмечается примерно равное количество циклонических и антициклонических вихрей независимо от знака вращения крупномасштабных систем течений. Правдоподобным кажется второе объяснение – особенностей регистрации циклонических и антициклонических вихрей на SAR-изображениях за счет разной концентрации поверхностных пленок в зонах конвергенции и дивергенции.
9. В работе по Баренцеву морю зафиксирован интересный факт максимума количества вихрей в июне-июле и существенного уменьшения их к осени. С чем может быть это связано? С малой мощностью пикноклина? Как это могло повлиять на генерацию или большую четкость проявления вихрей на SAR-изображениях?
10. Небрежность формулировок.

Стр. 4: «Процессы такого масштаба … не относятся к гидростатически сбалансированным процессам, в которых важны эффекты вращения Земли.» По этой формулировке получается, что гидростатическое приближение каким-то образом связано с силой Кориолиса.

Стр. 6 «меандрирование фронтов в верхнем слое может приводить к образованию вихревых структур разных масштабов». К образованию вихрей приводит не само меандрирование, а наличие условий для развития одного из видов неустойчивости фронта.

Литература:

Каменкович В.М., Кошляков М.Н., Монин А.С., 1982. Синоптические вихри в океане, Л., 264 с.

Carton, X., 2001. Hydrodynamical modelling of oceanic vortices. Surveys in Geophysics 22, 179-263.

Cushman-Roisin, B., Beckers, J.M., 2011. Introduction to geophysical fluid dynamics: physical and numerical aspects, Vol. 101, Academic Press, p. 828.

Nurser, A. J. G., and Bacon, S. 2014. The Rossby radius in the Arctic Ocean. Ocean Science, 10(6), 967-975.

Заключение

Несмотря на отмеченные недостатки, диссертация представляет собой оригинальное законченное исследование, позволяющее глубже понять природу и динамику вихрей в исследуемые акваториях. В диссертации имеются необходимые ссылки на авторов и источники заимствованных материалов, в том числе – на научные работы соискателя. Результаты работы в полной мере опубликованы в рецензируемых научных изданиях, удовлетворяющих требованиям ВАК Российской Федерации.

Автореферат диссертации в достаточной мере отражает ее содержание и удовлетворяет требованиям «Положения о присуждении ученых степеней»,

утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 года № 842. Диссертация полностью соответствует паспорту специальности 25.00.28 – «Океанология» и удовлетворяет всем требованиям «Положения о присуждении учёных степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Атаджанова Оксана Алишеровна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата географических наук.

Отзыв на диссертацию и автореферат обсужден и утвержден на расширенном семинаре Научной группы Климатическая изменчивость в высоких северных широтах Научного фонда "Международный центр по окружающей среде и дистанционному зондированию имени Нансена" (ФОНД "НАНСЕН-ЦЕНТР"), протокол № 30 от 3 апреля 2019 г.

Старший научный сотрудник Научного фонда "Международный центр по окружающей среде и дистанционному зондированию имени Нансена" (фонд "Нансен-центр"), кандидат географических наук

Башмачников Игорь Львович

Научный фонд "Международный центр по окружающей среде и дистанционному зондированию имени Нансена" (фонд "Нансен-центр")
199034 Россия, Санкт-Петербург, 14-я Линия В.О., дом 7, Бизнес-центр «Преображенский», офис 49
Телефон: +7 (812) 324 51 03, E-mail: adm@niersc.spb.ru

Подпись И. Л. Башмачникова заверяю.

Подпись И.Л. Башмачникова
Нач. ОК Пешу / Пешенова О. А.
«10» 04 2019 г.

«10» апреля 2019 г.