

## ОТЗЫВ

члена диссертационного совета на диссертацию Зверевой Анастасии Евгеньевны на тему: «Низкочастотные волновые возмущения в Японском море», представленную на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 25.00.28 – Океанология.

## Актуальность темы

Диссертационная работа А. Е. Зверевой посвящена анализу низкочастотных колебаний уровня Японского моря с использованием спутниковых наблюдений за уровнем за период с 1992 по 2012 г.г. Данная задача является актуальной по ряду причин. Несмотря на большое количество работ по анализу изменчивости термодинамической системы Японского моря и его связей с сопредельными бассейнами, внимания к роли низкочастотных (период 1/2 года и более) колебаний уровня в этих исследованиях отведено недостаточно. Учитывая, что колебания уровня являются важнейшим интегральным индикатором процессов, протекающих в бассейне, анализ денивеляции уровенной поверхности является важнейшим шагом в понимании изменчивости системы в целом. Использование спутниковой информации с высоким пространственно-временным разрешением открывает новые, не использованные ранее, возможности в такого рода анализе.

Развитие представлений о механизмах генерации низкочастотных колебаний уровня в море, сформулированное как основная цель работы, также является актуальной задачей. Без развития углубленного понимания процессов, управляющих колебаниями уровня моря, невозможно совершенствование моделей океанической циркуляции, что необходимо для развития современных методов прогноза будущего состояния климатической системы моря. Поэтому сформулированная автором задача является актуальной.

## Краткое содержание работы

Диссертация состоит из 4 глав, введения, заключения, списка литературы и обширного приложения. Во Введении автор формулирует актуальность проблемы, цель и задачи работы, новизну работы и практическую значимость и ряд других положений. Глава 1 работы является обзорной. В ней обсуждаются основные течения Японского моря, система фронтальных гидрологических разделов и дается представление о вихревых структурах моря. Важным для данной главы и для работы в целом является представленная в данном разделе диссертации аргументированная мотивация работы. Глава 2 работы является центральной. В ней изложены основные выносимые на защиту положения. В частности, глава включает описание использованных в работе данных (параграф 2.1) и результаты статистического анализа полей уровня моря (параграфы 2.2 и 2.3). Параграф 2.4 посвящен результатам частотно-направленного спектрального анализа уровня моря. В параграфе 2.5 проводится анализ результатов комплексного сингулярного разложения полей уровня. В последнем 2.6 параграфе главы приводятся дисперсионные соотношения поступательно-стоячих волн, выдвигается гипотеза о параметрическом резонансе в возбуждении



930 Koyukuk Drive • PO Box 757340 • Fairbanks, Alaska 99775-7340

низкочастотных колебаний уровня и предлагается волновая интерпретация изменений уровня в южной части Японского моря. Глава 3 работы посвящена классификации низкочастотных колебаний уровня. В 4 главе работы делается обобщение полученных результатов. Заключение включает основные результаты и выводы работы.

#### Результаты работы

- ✦ Используя статистические методы анализа и данные спутниковой альтиметрии, автор проанализировала колебания уровня Японского моря. Полученные пространственно-временные характеристики колебаний уровня моря содержат ряд интересных и новых черт, которые потенциально важны для понимания причин их формирования. В частности, формирование максимумов спектральной плотности аномалий уровня на примерно двухгодичном периоде в 1993-1999 г.г. является интересным и обещающим результатом (результаты интерпретации этого феномена, сделанные автором в диссертации, кажутся неудовлетворительными, о чем я отмечаю ниже в разделе Замечания). Или межгодовая изменчивость колебаний уровня, отчетливо прослеживаемая на рис 2.5.1 (с пониженными значениями уровня в 1994-1999 и 2006-2009 и повышенными значениями в 2000-2005 и в 2011-2012 г.г.), анализ которой, к сожалению, остался за рамками работы.
- ✦ Анализ дисперсионных соотношений различных типов прогрессивно-стоячих волн представляет математически трудную задачу, с которой автор успешно справилась.
- ✦ Сделаны попытки интерпретации данных статистического анализа колебаний уровня (включая интерпретацию низкочастотной изменчивости моря) в терминах прогрессивно-стоячих волн, которые мне кажутся не слишком удачными (см. раздел Замечания).

#### Научная новизна

Новизна работы связана с использованием спутниковых данных для анализа низкочастотной изменчивости колебаний уровня Японского моря. Результаты статистического анализа данных спутниковых наблюдений за колебаниями уровня данного бассейна являются новыми и позволяют сделать важный шаг в развитии наших представлений о сложной динамике Японского моря.

Использование волнового подхода к интерпретации низкочастотной изменчивости Японского моря является новым подходом (что не гарантирует его правильность без серьезной доказательной базы).

К сожалению, должен отметить и тот факт, что текст вводной главы 1, содержащей обзор состояния проблемы, и обзорное начало главы 2 не являются полностью оригинальными. Проверка текста на заимствования показала, что большой процент текста этих разделов заимствован из других источников. В частности, анализ двух первых страниц текста главы 1 (стр. 13 и 15) показывает 25 процентов уникальности с указанием на докторскую диссертацию Трусенковой О. О. в качестве источника текста. Начало раздела 1.1 «Течения» (до страницы 18 включительно) содержит меньше заимствований, до



930 Koyukuk Drive • PO Box 757340 • Fairbanks, Alaska 99775-7340

43 процентов (что все равно является очень высоким процентом), с тем же источником заимствований. Начало раздела 1.3 о вихрях (вплоть до рис. 1.3.1) имеет уникальность 41 процент с заимствованиями 59 процентов текста из работ Белоненко Т. В. Начало раздела 2.1 вплоть до рис. 2.1.1 на 66 процентов заимствовано из различных работ, включая работы Белоненко Т. В.

Поскольку речь идет об обзорных материалах, моя реакция на этот факт относительно нейтральна. Вместе с тем автор должна со всей серьезностью подойти к этой проблеме в ее будущих работах.

Ряд комментариев к новизне работы приводится также в Заключении.

#### Практическая ценность

Согласен с утверждением автора о том, что (цитирую раздел Введения «Теоретическая и практическая значимость») *«в работе на примере Японского моря разрабатываются и обобщаются основные методы обработки и интерпретации спутниковой альтиметрической информации, которые позволят на качественно новом уровне ставить и решать фундаментальные и прикладные задачи исследования динамики вод океана»*. В том же разделе есть утверждение, что создан атлас изменчивости уровня Японского моря (что являлось бы крупным географическим обобщением с большим практическим выходом и достойным вкладом в диссертационную работу). К сожалению, создание атласа еще раз лишь упоминается в разделе 4, поэтому данное потенциально важное утверждение не подтверждается материалами диссертации.

#### Достоверность результатов

Результаты статистического анализа данных спутниковых наблюдений кажутся достоверными, поскольку они, главным образом, основаны на применении стандартных, широко апробированных методов анализа гидрометеорологической информации (спектральный и корреляционный анализ, вейвлет анализ).

Вместе с тем достоверность статистического анализа часто компрометируется автором либо отсутствием оценок значимости, либо недостаточно продуманной трактовкой полученных статистических оценок (см. конкретные комментарии по данной проблеме в Замечаниях).

Кроме того, вызывает много вопросов интерпретация результатов применения волновой теории к объяснению наблюдаемой изменчивости колебаний уровня (этот важный момент также нашел отражение в разделе Замечания).

#### Замечания

Свои замечания к работе я сгруппировал в три больших группы. В первую группу помещены замечания и комментарии, которые, как я считаю, не позволяют рекомендовать автора к присуждению искомой степени (раздел «Принципиальные замечания»). Во вторую группу помещены замечания, каждое из которых по отдельности, несмотря на их значимость, не может быть препятствием к присуждению искомой степени; вместе с тем в



930 Koyukuk Drive • PO Box 757340 • Fairbanks, Alaska 99775-7340

совокупности эти замечания могут свидетельствовать о недостаточной подготовленности работы и диссертанта к защите (раздел «Важные замечания»). В третьем разделе я поместил конкретные замечания по тексту работы (раздел «Прочие замечания»).

При необходимости, в замечаниях ссылку на конкретный участок текста я буду сопровождать страницей и строками (с отсчетом строк сверху страницы).

#### *Принципиальные замечания*

1. Использование теории поступательно-стоячих волн применительно к низкочастотным (масштабы 1/2 года и более) колебаниям уровня Японского моря для объяснения механизмов их генерации как волновых процессов в работе не обосновано. Любой процесс можно аппроксимировать набором неких математических функций (например, Фурье анализ или ЭОФ анализ). Одной из целей данной процедуры может быть упрощение описания процесса (например, использование ЭОФ анализа для фильтрации высокочастотного шума). Другой, более сложной, целью применения данного математического аппарата может быть описание физической природы явления или процесса. В работе делается попытка интерпретации механизмов низкочастотных колебаний уровня как волнового процесса (см. название работы и ее цель) – т.е. автором сделан выбор в пользу более сложной цели использования математической теории. Поясню, почему я считаю эту попытку неудачной.

Разделом работы, где предлагается интерпретация данных наблюдений за уровнем моря с использованием поступательно-стоячих волн (т.е. апробация теории и гипотез, заложенных в название и цель работы), является раздел 2.6.5.1 "Котловинные волны". В данном разделе автор выделяет несколько характерных частот в спектре колебаний уровня и на примере одной из частот приводится схема распространения аномалии в виде диполя с противоположным направлением вращения аномалии уровня вокруг каждой из частей диполя. Данная картина интерпретируется в терминах поступательно-стоячей волны.

К сожалению, этому ключевому для достижения целей работы моменту посвящены три страницы текста и один рисунок 2.6.5.1.150. Более того, из текста не понятно, является ли данный рисунок результатом обработки данных наблюдений или некой абстрактной схемой, иллюстрирующей гипотетически фазы волны. Если схема получена по данным наблюдений, то результат интересен сам по себе и заслуживает глубокого анализа (отсутствующего в работе). Если это лишь абстрактная схема, то непонятно, какое отношение она имеет применительно к обсуждаемым данным наблюдений за уровнем Японского моря. Более того, из материалов раздела не видно, насколько хорошо предложенная волновая теория аппроксимирует данные наблюдений (т.е. в работе не достигнута даже первая возможная цель применения математического аппарата – аппроксимация с его помощью данных наблюдений). Что касается механизмов, поддерживающих предложенную схему осцилляции уровня (стр. 103, четыре типа циркуляции), то данная дискуссия должна сопровождаться соответствующими оценками, подтверждающими гипотезу. Например, ряды уровня моря должны сравниваться с рядами, описывающим силу пограничного восточного течения (1 режим циркуляции), показывая их коррелированность. Возможным методом анализа может быть лаговая



корреляция полей уровня и течений. Конечно, уровень сложности задачи возрастает. Однако такой анализ необходим, если цель диссертационной работы – исследование механизмов генерации низкочастотных колебаний уровня моря. В работе данная цель не достигнута.

2. Предложенная теория параметрического резонанса как гипотезы для объяснения низкочастотных колебаний уровня моря, связанных с сезонными колебаниями скорости вращения Земли, не подтверждена. Более того, можно показать, что систему уравнений 2.6.1.1.1 можно свести к одному ОДУ второго порядка

$$\frac{d^2 S}{dt^2} + S(f^2 + 2k^2 gh) = 0,$$

свойства которого хорошо изучены. При периодически изменяющихся параметрах это – уравнение Матье (или Хилла). В частности, легко показать, что описанные в работе годовые и полугодовые изменения параметра Кориолиса настолько малы и, что более важно, настолько отличаются по частоте от собственных колебаний системы, что ни о каком параметрическом резонансе не может быть и речи.

#### *Важные замечания*

1. Структура работы не продумана. Разделы работы не сбалансированы. В частности, каждый из разделов 3 и 4 занимает лишь четыре страницы, а раздел 2 включает 75 страниц текста. Это при том, что раздел 3 не является ключевым, не несет новой информации и может быть легко включен как подраздел главы 2, а содержание раздела 4 больше относится к Заклучению. Вместе с тем, глава 2 включает разнородные разделы, которые было бы логично выделить в самостоятельные главы (статистический анализ колебаний уровня, анализ волновой природы колебаний уровня как возможные примеры разделения главы 2 на новые главы). В текст главы 2 и Приложения включено много рисунков, которые не несут информации и могут быть легко опущены без потери смысловой нагрузки работы. Как пример, все рисунки корреляционных функций для временных рядов с не фильтрованным годовым ходом не несут полезной информации и могут быть удалены без ущерба для работы. Другим примером является большое число приведенных вейвлет спектров колебаний уровня в разных точках области, которые в тексте не анализируются, а лишь упоминаются (и, следовательно, могут быть удалены).

2. Анализ ошибок данных, использованных в работе, отсутствует. Автор отсылает читателей к ссылкам Choi et al. 2004 и Белоненко и др. 2009 для получения представления об ошибках использованного в работе массива данных спутниковой альтиметрии. Во-первых, диссертационная работа в этом смысле должна быть относительно независима, т.е. необходимая информация об ошибках данных должна быть подробно описана в самой работе. Кроме того, цитируемые работы, согласно тексту диссертации (стр. 33, строки 12-22), анализируют ошибки, привносимые приливами и изменениями атмосферного давления, что далеко не достаточно для понимания роли ошибок данных в описании низкочастотной изменчивости уровня моря. На это указывает и последнее предложение данного абзаца. Однако, несмотря на очевидное понимание автором проблемы, в тексте



диссертации анализ роли ошибок данных не приводится. Это важное методологическое упущение работы.

2. Оценки значимости статистических оценок отсутствуют; рисунки с приведенными доверительными интервалами для корреляционных функций являются исключением из правила. Важность этого замечания можно проиллюстрировать использованием в работе кЭОФ анализа, когда вопрос о статистически значимом разделении мод колебаний уровня моря даже не поднимается. И это при том, что доля второй моды (даже после удаления сезонного хода) не превышает 8 процентов в общей дисперсии (Таблица 2.5.1), что дает основание предположить случайный, физически не обоснованный характер всех мод разложения, начиная со второй. При этом автор анализирует 5 мод разложения колебаний уровня с использованием кЭОФ аппарата (см., например, рис. 2.5.11).

Другой пример – использование вейлет анализа без указания значимости полученных максимумов и показа конусов влияния границ. Автор отмечает важность учета последних на стр. 82-83, однако при показе вейлет спектров эта важная оценка (как и значимость спектральных пиков) почему-то проигнорирована.

3. Важной проблемой при проводимом автором анализе является фильтрация годового хода уровня Японского моря. То, что проблема важна и полностью не решена, хорошо иллюстрируется приводимыми в работе результатами кЭОФ и вейлет анализа. В частности, высокая доля первой ЭОФ и наличие пиков на годовой частоте в вейлет спектрах отфильтрованных данных говорит о том, что сезонный ход в море модулирован по частоте и амплитуде, что обуславливает высокий уровень остаточного годового хода в данных после фильтрации. Это затрудняет анализ процессов на других частотах с использованием фильтрованных данных. По-видимому, для анализа требуются более совершенные методы фильтрации годового хода (существует обширная литература по этой проблеме).

4. Вывод дисперсионных соотношений и передаточных функций для прогрессивно-стоячих волн непонятен. В тексте отсутствует указание на то, как были получены соотношения, а приводится только конечный результат (например, дисперсионное соотношение 2.6.1.2.2.1 и выражения 2.6.2.1.1.2, 2.6.2.1.2.1, 2.6.2.2.0.4 и 2.6.2.2.1.1 для передаточных функций). Автор обязан представить результаты в виде, который понятен и воспроизводим. Иначе не выполняется одно из важнейших Требований к диссертационным работам, а именно: «Выявленные закономерности и взаимосвязи должны поддаваться опытной проверке, которая должна подтвердить их достоверность, также они должны обладать обязательными четырьмя признаками: *необходимостью, устойчивостью, существенностью и повторяемостью*». В данном случае это важное правило не соблюдено.

5. Большое число утверждений и выводов работы не подкреплено соответствующими доказательствами (некоторые из таких утверждений упомянуты в «Прочих замечаниях» ниже).



*Прочие замечания*

1. Стр. 35, строки 21-22 и далее по тексту. “Среднегодовое значение мат.ожидания...” и “Минимальное значение мат.ожидания зафиксировано в 1993 г. (-1,5 см), тогда как максимальное – в 2010 г. (5,86 см).” Математическое ожидание нельзя рассчитать, а можно только оценить. На самом деле в тексте диссертации речь везде идет не о математических ожиданиях, а о выборочных оценках средних значений.
2. Таблица 2.2.1: Доверительные интервалы оценок отсутствуют.
3. Рис. 2.2.34: Доверительные интервалы оценок отсутствуют.
4. Стр. 41, последний абзац: Поскольку, по определению, при удалении сезонного хода среднее удаляется, то карта средних содержит значения, близкие к нулю. Обсуждение этой карты, как это сделано в данном абзаце, не имеет смысла.
5. Стр. 42: Насколько значимо отличие коэффициентов  $R^2=0,18$  и  $R^2=0,2$ , приведенных на данной странице?
6. Стр. 44, рис. 2.3.6 и аналогичные рисунки в приложениях. Что нового дает этот рисунок? То, что есть годовой ход (как утверждается в строках 15-16), хорошо иллюстрируется спектрами (рис. 2.3.15).
7. Рис. 2.3.15: Оценки достоверности спектральных пиков отсутствуют. Единицы измерения спектральной плотности не приведены.
8. Стр. 46, строка 22: Откуда следует вывод, что распределение энергии нелинейно?
9. Стр. 47, строка 4: Откуда следует вывод, что годовые колебания получили энергию от 2.5-годовых и 4-летних колебаний?
10. Стр. 47, строка 23: Как определено, что волна распространяется с востока на запад?
11. Стр. 47, строки 26-28: Процедура получения карты не описана. Волновая природа показанного распределения уровня не доказана.
12. Рис. 2.3.21 и все рисунки с вейвлетами: В работе изучаются низкочастотные колебания. При этом низкочастотная область спектра в вейвлетах обрезана. Почему?
13. Стр. 49, последний абзац: На мой взгляд, распределение аномалий на рис. 2.3.76 пространственно однородно. Утверждение в последних трех строках бездоказательно.
14. Стр. 50, строки 8-10: Непонятно, на каком основании статистический анализ позволил автору сделать вывод о «полициклическом случайном волновом процессе» и почему взаимодействие (которое не показано) является нелинейным.
15. Таблица 2.4.1: Непонятно, как получены приведенные оценки. Их ошибки не оценены.
16. Стр. 51, 4 строка после таблицы: Как получено, что погрешность незначительна? Конец этого же абзаца: Процедура разделения волн на падающую и отраженную не приведена.
17. Стр. 51, два последних абзаца. Данная дискуссия не подтверждается соответствующими оценками.
18. Стр. 58, второй абзац: Обсуждение высоких мод разложения по кЭОФ не имеет смысла.

930 Koyukuk Drive • PO Box 757340 • Fairbanks, Alaska 99775-7340

19. Стр. 61, строка 11: Коэффициент  $(2 \times \text{ПИ})^2$  утерян.
20. Стр. 64 и далее по тексту:  $N^2$  – частота Вейселя-Брента в квадрате, а не просто частота.
21. Рис. 2.6.1.1.2.1: По какой модели получен рисунок? Какие начальные и граничные условия? Сразу после рисунка третья строка: О какой модели идет речь?
22. Рис. 2.6.1.2.2.1: Как из рисунка понять, что идет речь о поступательно-стоячей волне?
23. Раздел 2.6.3: О чем этот раздел? Для чего он нужен? Что нового здесь приведено?
24. Стр. 81: Значения ковариационных функций  $C_{xy}$  и  $C_{yx}$  зависят от выбора оценок весов  $k$  и их вычисление осуществляется по итерационной процедуре, как и в обычном спектральном анализе. Здесь  $k$  это не вес, а сдвиг, неясно о какой итерационной процедуре идет речь.
25. Стр. 84, первый абзац: Как получен вывод о перераспределении энергии по частотам? О каких потоках идет речь в строке 5? Рассуждения о теории турбулентности в данном контексте не имеют смысла.
26. Стр. 86-87: Относительно высокие значения коэффициентов корреляции обусловлены наличием в рядах сезонного хода. Последняя строка стр. 87: На каком основании делается вывод о потоках энергии?
27. Стр. 91: Вывод о влиянии скорости вращения Земли на колебания уровня Японского моря не следует из приведенных материалов.
28. Стр. 98, строка 2: Еще одно бездоказательное утверждение о перекачке энергии по спектру.
29. Рис. 2.6.5.1.126: Подпись к рисунку неправильная.
30. Стр. 101, последний абзац содержит спекуляции, не подтвержденные материалами работы.
31. Разделы 2.6.6 - 2.6.8: Зачем приведены эти разделы?
32. Рис. 3.0.1: На каком основании в таблицу добавлены «поступательно-стоячие волны с горизонтальной модовой структурой» и уж тем более «поступательно-стоячие волны с вертикальной модовой структурой»? Как по данным наблюдений показана модовая структура, в частности, и волновая природа колебаний уровня на данных периодах, в целом?
33. Глава 4. Утверждения, приведенные в строках 10, 16-17 (стр. 110), 16-20 (стр. 111), 7-12 (стр. 112), 3-4 и 12-19 (стр. 113), остались в работе бездоказательными.

#### Заключение

В свете приведенных выше замечаний рассмотрим некоторые положения, которые выдвинуты в работе как новые (стр. 5-6).



930 Koyukuk Drive • PO Box 757340 • Fairbanks, Alaska 99775-7340

*Впервые выявлена существенная нестационарность и установлена эволюция разномасштабной изменчивости уровня Японского моря используя вейвлет-анализ: полугодовой, годовой и квазидвухлетней.*

Нестационарность процессов на рассматриваемых временных масштабах не является новым результатом. Данный вывод тривиален.

*Впервые дано подробное описание динамики низкочастотных поступательно-стоячих волн в Японском море и показано, что вопреки сложившимся феноменологическим представлениям о низкочастотной волновой динамике как о системе прогрессивных волн, градиентно-вихревые волны являются преимущественно поступательно-стоячими волнами.*

Динамика волн Японского моря на выделенных пространственно-временных масштабах не продемонстрирована с использованием данных наблюдений за уровнем.

*Впервые применен аппарат частотно-направленного спектрального анализа к колебаниям Японского моря, на основе которого получены данные о периодах, скоростях, направлениях и длинах низкочастотных волн в поле уровня исследуемой акватории.*

Данный аппарат не позволяет интерпретировать аномалии колебаний уровня моря в терминах волн. К примеру, чисто диффузионный процесс распространения скалярной характеристики (температура воды) в бассейне с источником переменной интенсивности (типа осциллятора) приведет к спектру, который без знания природы процесса можно интерпретировать как спектр волнового процесса; стерические колебания уровня, соответствующие этому процессу, следуя автору работы, также будут интерпретироваться как «волновые».

*Высказано предположение о том, что возможен параметрический резонанс колебаний уровня и скорости вращения Земли на примере Японского моря. Неизвестны работы, в которых Японское море рассматривается как сложная динамическая система, обладающая набором собственных колебаний, которые могут вступить в резонанс с внешними силами на энергонесущих частотах.*

К сожалению, данное предположение не подтверждается.

Таким образом, из результатов работы, выносимых на защиту, можно отчасти (с учетом замечаний) принять лишь первое утверждение, а второе и третье утверждения остаются необоснованными.

Достаточно ли выполненного статистического анализа данных наблюдений за уровнем и выведенных теоретических дисперсионных соотношений для поступательно-стоячих волн для присуждения искомой степени? Можно ли квалифицировать данную работу как выполненную на уровне Кандидата географических наук? В свете целого ряда существенных недостатков мой вывод, к сожалению, отрицательный.

На основании сказанного выше я вынужден сделать вывод, что диссертация Зверевой Анастасии Евгеньевны на тему: «Низкочастотные волновые возмущения в Японском море» **не** соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 01.09.2016



International Arctic



Research Center

930 Koyukuk Drive • PO Box 757340 • Fairbanks, Alaska 99775-7340

№ 6821/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете».

И. В. Поляков  
Член диссертационного совета  
Д-р физ.-мат. наук, профессор

24 августа 2017 года