

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Манилюка Юрия Владимировича «Сейшевые и сгонно-нагонные колебания в Черном и Азовском морях», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.17 – Океанология

Диссертационная работа Ю.В. Манилюка посвящена исследованию в Черном и Азовском морях характеристик сейшевых и сгонно-нагонных колебаний на основе математического моделирования.

Актуальность темы обусловлена тем, что сейшевые и сгонно-нагонные колебания уровня – одни из наиболее опасных явлений у побережья Черного и Азовского морей, приводящих к подтоплению или осушению прибрежной зоны и создающих серьезные проблемы для судов, находящихся на якорных стоянках. Кроме того, сейши в бухтах являются причиной еще одного опасного явления – тягуна. Сведения об особенностях сейш и сгонно-нагонных колебаний в Черном и Азовском морях позволят создавать качественные прогнозы этих явлений, что значительно обезопасит работу морских портов. В связи с этим актуальность работы несомненна.

Научная новизна результатов, полученных в диссертации. Впервые на основе разработанной соискателем численной конечно-элементной модели рассчитаны собственные периоды Азовского моря и соответствующие им собственные функции, определяющие пространственную структуру колебаний уровня моря. Сопоставление их с данными натурных наблюдений показало хорошее согласие. В работе определены параметры атмосферных циклонов, приводящих к наиболее интенсивным сгонно-нагонным колебаниям в Черном и Азовском морях. Следует отметить решение интересной задачи о резонансном взаимодействии связанных водоемов на примере системы севастопольских бухт. В результате установлено, что Севастопольская бухта оказывает значительное влияние на модовый состав сейш в бухтах, входящих в данную систему. При этом собственные моды Севастопольской бухты могут преобладать над собственными модами Карантинной бухты.

Диссертация состоит из введения, четырех разделов, заключения, одного приложения и списка литературы, включающего 143 наименования. Работа изложена на 168 страницах текста, содержит 41 рисунок и 14 таблиц.

Во **Введении** представлена общая характеристика работы, включающая актуальность и степень разработанности темы, цель исследования, поставленные задачи, новизну работы, ее практическую значимость, положения, выносимые на защиту, степень достоверности и апробацию результатов, личный вклад автора.

В **Разделе 1** дано описание современного состояния вопроса, выполнен обстоятельный обзор публикаций, посвященных исследованиям сейшевых и сгонно-нагонных колебаний в Черном и Азовском морях, содержащий анализ результатов предшественников. Также рассматриваются материалы по сейшам в Севастопольской и Карантинной бухтах. Кроме этого, в данном разделе помещено описание используемых в работе математических моделей. По результатам обсуждений автором делается вывод, что сгонно-нагонные и сейшевые колебания уровня в Черном и Азовском морях к настоящему моменту изучены недостаточно и это затрудняет достоверное прогнозирование этих явлений.

Необходимо отметить обстоятельность обзора, критический подход к результатам предшественников, обоснованность вывода о практической необходимости дальнейших исследований сгонно-нагонных и сейшевых колебаний уровня в Черном и Азовском морях.

В **Разделе 2** проводится исследование собственных колебаний уровня Черного и Азовского морей. Для этого используется авторская конечно-элементная численная модель, основанная на системе линеаризованных уравнений длинных волн без учета вращения Земли. Применение метода взвешенных невязок позволяет свести дифференциальную краевую задачу к обобщенной матричной задаче на собственные значения, решаемой затем методами линейной алгебры. В качестве конечных элементов используются треугольные линейные элементы, дающие возможность точно аппроксимировать профиль береговой черты и батиметрию водоема. Достоинством выбранного метода является возможность наложения на расчетную область нерегулярной сетки для более точного описания областей с высокими градиентами глубин или резкими изменениями береговой линии. Рассчитаны собственные периоды данных морей и соответствующие им собственные функции, определяющие пространственную структуру колебаний уровня. При этом расчет параметров собственных колебаний для Азов-

ского моря произведен впервые. Выполнено сопоставление результатов моделирования с данными натурных наблюдений и с результатами, полученными другими исследователями, показавшее хорошее согласие. Впервые получены оценки вклада отдельных мод собственных колебаний в формирование волновой картины в прибрежных пунктах Черного и Азовского морей. В выводах указывается, что области наибольшей интенсивности сейшевых колебаний в Черном море сосредоточены в его мелководной северо-западной части: Вилково, Одессе, Южном и Каркинитском заливе. В остальных районах моря интенсивность сейшевых колебаний значительно слабее. В Азовском море наибольшему воздействию сейш подвергаются пункты, расположенные в Таганрогском заливе: Таганрог, Мариуполь, Ейск

В этом разделе диссертации изложены важнейшие результаты работы, сформулированные в форме первого защищаемого положения, которое не вызывает вопросов.

В Разделе 3 на основе математического моделирования изучаются стонно-нагонные колебания в Черном и Азовском морях, вызываемые прохождением над ними типичных для данного региона циклонов. Для Черного моря впервые выполнен детальный анализ зависимости амплитуд стонно-нагонных колебаний от направления смещения циклонов. Установлено, что наибольшие нагоны в северо-западной части Черного моря вызываются циклонами, движущимися с юго-запада и юга, а наибольшие сгоны – приходящими с северо-запада и севера. Самые интенсивные стонно-нагонные колебания уровня моря возникают в пунктах, расположенных в его мелководной северо-западной части: Хорлах, Одессе, Очакове. Также в работе для Черного моря выделены основные региональные виды стонно-нагонных колебаний. Для Азовского моря проведено исследование зависимости амплитуд стонно-нагонных колебаний от направления и скорости смещения циклонов. Показано, что в Азовском море имеют место реальные условия для возникновения резонанса Праудмена, приводящего к интенсификации колебаний уровня, при приближении скорости смещения циклона к скорости распространения свободных длинных волн. В работе делается вывод, что для Азовского моря данное явление имеет важное, но не определяющее значение в формировании опасных колебаний уровня. Приоритетное зна-

чение для Азовского моря имеет направление ветра, определяемое направлениями перемещения циклонов. Для пунктов, расположенных по всему периметру Азовского моря, установлены направления и скорости смещения циклонов, приводящие к максимальным амплитудам стонно-нагонных колебаний уровня.

Также в данном разделе впервые исследована зависимость модового состава сейш, генерируемых типичными циклонами в Азовском море от скорости и направления перемещения данных циклонов, что составляет содержание второго защищаемого положения.

По данному положению можно сделать следующее замечание: естественно, что реакция колебательной системы, в данном случае Азовского моря, зависит от параметров внешнего воздействия, поэтому данное защищаемое положение должно быть сформулировано более конкретно, подробно. Автор не исследовал влияние размеров циклонов на колебания уровня моря. Колебания уровня не рассчитывались для максимальных глубин циклонов.

Результаты автора исследований стонно-нагонных колебаний в Черном и Азовском морях, вызываемые прохождением над ними типичных для данного региона циклонов, несомненно, найдут практическое применение.

В Разделе 4 рассматриваются сейшевые колебания уровня моря в системе связанных бухт, вызываемые различными типами возмущений в приложении к системе севастопольских бухт. Определены резонансные периоды всех крупных бухт, входящих в данную систему. Особое внимание уделено изучению взаимодействия бухт системы друг с другом. Данную систему можно интерпретировать как систему связанных линейных осцилляторов. Связь между осцилляторами осуществляется через входы в бухты за счет воды их соединяющей. Связь не приводит к появлению новых собственных частот в системе, а лишь незначительно сдвигает их значения. Каждой смещенной собственной частоте будет соответствовать собственная функция, общая для всех входящих в систему осцилляторов. Таким образом, колебания, возбуждающиеся на собственной частоте одной бухты за счет связи, очень быстро передаются в соседнюю. Результаты данного раздела вызывают интерес, выделяются новизной, оригинальностью и будут полезны в практическом использовании бухт региона. Автор предложил механизм генерации сейш смежных бухт. Однако следует отме-

тить некоторую неопределенность в описании типов возмущений, вызывающих колебания в бухтах.

В **Заключении** перечислены основные результаты проведенных в рамках диссертационной работы исследований. Для каждого из разделов и подразделов диссертации указаны конкретные выводы. Основные научные выводы работы сформулированы в автореферате, который полностью отражает содержание диссертации.

Помимо описания оригинальных результатов, в диссертации проведен подробный обзор публикаций по тематике работы, что говорит о высокой степени осведомленности соискателя о достигнутых ранее результатах по тематике исследования.

При чтении рукописи возникли следующие замечания:

1) При моделировании сгонно-нагонных колебаний в Черном и Азовском морях наряду с использованием «типичных атмосферных возмущений» желательно было бы использовать реальные поля атмосферных возмущений, взятых из реанализа, что придало бы работе дополнительную убедительность.

2) Необходимо дать обоснование использования баротропных моделей вместо бароклинических моделей и рассмотреть возникновение внутренних сейш, что, вероятно, важно для Черного моря.

3) В работе есть опечатки. На странице 15 указано «на метеопостах в северо-восточной части Черного моря, расположенных в пунктах Одесса, Хорлы и Очаков». В действительности данные пункты находятся в северо-западной части Черного моря. На странице 79 указано «Наши расчеты показали, что узловая линия данной моды (Рисунок 16 а)..». На самом деле необходима ссылка на рисунок 18 а.

Сделанные замечания не умаляют достоинств диссертационной работы и не снижают ее общей положительной оценки. Полученные результаты соответствуют поставленной цели и задачам работы.

Заключение по диссертационной работе.

Диссертация Манилюка Юрия Владимировича представляет собой законченную научную работу. Работа выполнена автором самостоятельно.

Диссертация Манилюка Юрия Владимировича является важным вкладом в исследование физических механизмов, определяющих возникновение интенсивных сейшевых и сгонно-нагонных колебаний в Азово-Черноморском регионе. Получены новые результаты о генерации сейш в системе связанных бухт и о взаимодействии бухт системы друг с другом.

Результаты работы могут найти практическое применение в учреждениях Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды России, Российской Академии наук, а также при решении задач прогноза опасных явлений в прибрежной зоне Черного и Азовского морей. Работа базируется на современных методах математического моделирования волновой динамики. Диссертация написана ясным языком, грамотно и аккуратно оформлена.

Полученные автором выводы достоверны и обоснованы, что обеспечено применением верифицированных численных моделей, согласием с данными натурных наблюдений и результатами других авторов для некоторых совпадающих условий расчетов.

Результаты диссертации хорошо известны научной общественности, они были доложены на 15 международных и всероссийских научных конференциях и опубликованы в 29 научных работах, из них 15 статей в рецензируемых журналах, 14 статей в рецензируемых сборниках научных трудов и тезисов докладов на Всероссийских и Международных конференциях. Требованиям ВАК при Минобрнауки Российской Федерации удовлетворяют 15 работ в рецензируемых российских и украинских научных изданиях. В их числе 6 работ в рецензируемых научных изданиях, входящих в наукометрическую базу Web of Science, 9 работ – в наукометрическую базу SCOPUS.

Диссертация соответствует паспорту научной специальности 1.6.17 – Океанология, отрасль наук – физико-математические науки. Автореферат диссертации полностью отражает основное содержание работы

Считаю, что диссертационная работа «Сейшевые и сгонно-нагонные колебания в Черном и Азовском морях» удовлетворяет требованиям п. 9–14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к

кандидатским диссертациям. А её автор, Манилюк Юрий Владимирович, заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.17 – Океанология.

Согласен на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент

профессор кафедры физики моря и вод суши физического факультета
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.
Ломоносова» (ФГБОУ ВО «МГУ имени М.В. Ломоносова»),
доктор физико-математических наук,
профессор

Константин Васильевич Показеев

«31» марта 2022 г.

Адрес места работы: 119991, Москва,

Ленинские горы, дом. 1, строение 2,

физический факультет

Телефон: +7(495) 939-16-77

E-mail: sea@phys.msu.ru

Подпись Показеева Константина Васильевича удостоверяю

Декан физического факультета

ФГБОУ ВО «МГУ имени М.В. Ломоносова»

доктор физико-математических наук,

профессор

31.03.2022



Н.Н. Сысоев