

## ОТЗЫВ НАУЧНОГО КОНСУЛЬТАНТА

о работе Шульги Татьяны Яковлевны по докторской диссертации “МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ВОД И ПЕРЕНОСА СУБСТАНЦИИ В АЗОВСКОМ МОРЕ”, представленной к защите на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.6.17 – Океанология.

В настоящее время наука вступила в эру "космических данных". Одним из катализаторов этого процесса является дистанционное зондирование Земли из космоса, которое бурно развивается в течение последних трёх десятилетий. Усилия многих научных коллективов в различных естественно-научных направлениях прилагаются к комплексному глубокому анализу многопараметрических наборов экспериментальных данных с использованием развитых моделей, находящихся в открытом доступе. При помощи такого анализа зачастую удаётся получать революционные научные результаты.

Шульга Т.Я. получила хорошее фундаментальное образование в Киевском государственном университете им. Т.Г. Шевченко на факультете Кибернетики. В 2009 г. она защитила кандидатскую диссертацию по физико-математическим наукам «Математическое моделирование течений и переноса примеси в мелководных морских бассейнах» по специальности «геофизика», научный руководитель член-корреспондент НАН Украины Л.В. Черкесов. Докторская диссертация соискателя является логичным продолжением кандидатской диссертации. На протяжении последних лет Шульга Т.Я. активно использует модель РОМ для решения задач, связанных с количественным описанием целого ряда ключевых гидродинамических явлений в Азовском море. Данная диссертация представляет собой пример законченного научного исследования, которое можно отнести к реализации концепции диагноза/прогноза гидродинамики Азовского моря.

Диссертация содержит фундаментальный результат, связанный с восстановлением солёности Азовского моря с использованием спутниковых продуктов, полученных в рамках региональной биооптической модели. До сих пор солёность восстанавливалась по спутниковым данным, полученным в СВЧ диапазоне (или микроволновом диапазоне длин волн), которое имеет пространственное разрешение несколько десятков километров. Что конечно является неприемлемым для использования таких данных на масштабах как Азовское море. Использование же ежедневных спутниковых данных *MODIS* в видимом диапазоне спектра с двух спутников *Aqua* и *Terra* с пространственным разрешением около 1 км существенно повышает информативность о пространственном распределении солёности Азовского моря. Последнее позволило диссертанту получить оригинальные результаты, которые были опубликованы в престижном международном журнале «*International Journal of Remote Sensing*».

Диссертация состоит из введения, семи разделов и заключения. Во введении приводится постановка задач, а также содержится описание актуальности, новизны и практической значимости предлагаемого направления исследования и поставленных задач. Помимо этого, каждая из глав содержит своё собственное небольшое введение с кратким обзором литературы.

*В первом разделе* выполнен анализ океанографической информации Азовского моря, включающий ~76 тысяч гидрологических станций за период 1891–2014 гг., который позволил получить количественные оценки о характере колебаний уровня Азовского моря, определяемых наличием сгонно-нагонных и сейшевых колебаний. Учитывая важность проблемы сгонно-нагонных процессов, приводящих нередко к разрушению прибрежной инфраструктуры, затоплению побережья, осушению акваторий портов и судоходных каналов, гибели людей, автор вывод о необходимости получения оперативных прогнозов с

применением численного моделирования, базирующегося на использовании современных гидродинамических систем. В качестве такой системы была выбрана активно используемая, современная, трёхмерная сигма-координатная гидродинамическая модель РОМ, код которой находится в открытом доступе. В конце раздела дано описание перечня процедур настройки модели РОМ применительно к Азовскому морю. Одним из результатов этой работы является регистрация базы данных, подготовленной соискателем совместно с ее аспирантом Д.В. Шукало:

Шульга Т.Я., Шукало Д.М. ТЕРМОХАЛИННЫЙ ЭЛЕКТРОННЫЙ АТЛАС АЗОВСКОГО МОРЯ // Свидетельство о регистрации базы данных RU 2023621161, 11.04.2023.  
Заявка № 2023620082 от 16.01.2023.

*Во втором разделе* для проведения численных экспериментов по исследованию течений и движений жидкости в Азовском море и эволюции загрязнений выполнено дополнение модели РОМ блоками авторских процедур, обеспечивающих задание возможных сценариев атмосферных возмущений и положения и концентрации области начального поступления загрязняющей примеси в Азовское море. Результаты этих исследований опубликованы соискателем в совместной статье и монографии с чл.-корр. НАН Украины Л.В. Черкесовым: Черкесов Л.В., Шульга Т.Я. ВОЛНЫ, ТЕЧЕНИЯ, СГОННО-НАГОННЫЕ ПРОЦЕССЫ И ТРАНСФОРМАЦИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЙ В АЗОВСКОМ МОРЕ // Севастополь, 2017. Черкесов Л.В., Шульга Т.Я. ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СКОРОСТИ И НАПРАВЛЕНИЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНО ДЕЙСТВУЮЩЕГО ВЕТРА НА ЦИРКУЛЯЦИЮ ВОД АЗОВСКОГО МОРЯ С УЧЕТОМ И БЕЗ УЧЕТА ВОДООБМЕНА ЧЕРЕЗ КЕРЧЕНСКИЙ ПРОЛИВ // Океанология. 2018. Т. 58. № 1. С. 23-33.

*В третьем разделе* изложены результаты численного моделирования с использованием модели РОМ, адаптированной к Азовскому морю, которые показали зависимость экстремальных значений отклонений уровня, скорости поверхностных и глубинных стационарных течений от направления и скорости вызывающего их постоянного ветра. Результаты этих исследований соискатель опубликовал в профильном журнале «Метеорология и гидрология» в статье с чл.-корр. НАН Украины Л.В. Черкесовым и д.ф.-м.н. С.Г. Демьшевым:

Демьшев С.Г., Черкесов Л.В., Шульга Т.Я. АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПОСТОЯННОГО ВЕТРА НА СКОРОСТЬ ТЕЧЕНИЙ И СЕЙШЕВЫЕ КОЛЕБАНИЯ УРОВНЯ АЗОВСКОГО МОРЯ // Метеорология и гидрология. 2017. № 6. С. 46-54.

*В четвёртом разделе* выполнен анализ результатов моделирования свободных колебаний уровня Азовского моря, возникающих после прекращения действия устойчивого ветра, который позволил установить физические закономерности пространственного распределения колебаний уровня и течений и изменения скорости течений. Результаты этих исследований соискатель опубликовал в серии статей с академиком РАН В.А. Ивановым:

Иванов В.А., Шульга Т.Я. ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПЕРЕМЕЩАЮЩИХСЯ АТМОСФЕРНЫХ ФРОНТОВ НА ТЕЧЕНИЯ, СВОБОДНЫЕ И ВЫНУЖДЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ УРОВНЯ АЗОВСКОГО МОРЯ // Прикладная механика и техническая физика. 2018. Т. 59. № 5 (351). С. 166-177.

Иванов В.А., Шульга Т.Я. ВЛИЯНИЕ АТМОСФЕРНЫХ ФРОНТОВ НА СВОБОДНЫЕ И ВЫНУЖДЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ УРОВНЯ АЗОВСКОГО МОРЯ // Доклады Академии наук. 2019. Т. 486. № 6. С. 737-741.

*В пятом разделе* выполнен прогноз затопления (осушения) прибрежных областей, возникающего вследствие устойчивых сгонных (нагонных) ветров, а также в зависимости от интенсивности прогностического ветра. Результаты численного моделирования экстремальных приазовских явлений 23–24 марта 2013 г. и 24–25 сентября 2014 г. подтвердили наблюдаемые особенности этих штормов у побережья Азовского моря

(максимальные значения сгонов и нагонов, скорости течений, протяжённость области затопления). Хорошие результаты сравнения свидетельствуют о правильности стратегии численного моделирования, включая выбор метода расчёта размеров области возможных катастрофических наводнений (осушений). Результаты этих исследований соискатель опубликовал в статье с академиком РАН В.А. Ивановым:

Иванов В.А., Шульга Т.Я. ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ СГОННО-НАГОННЫХ ПРОЦЕССОВ, ТЕЧЕНИЙ И РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЙ В АЗОВСКОМ МОРЕ // Доклады Академии наук. 2018. Т. 479. № 6. С. 692-696.

В шестом разделе выполнено сравнение времени рассеяния, а также максимального объёма проникновения примеси (с постоянными и переменными начальными распределениями ее концентрации) при наличии циклона и порыва нестационарного ветра. Выводы о характере эволюции загрязняющих веществ в Азовском море получены с использованием результатов гидродинамического моделирования (РОМ), дополненного блоком расчёта переноса и диффузии пассивной примеси. Результаты этих исследований соискатель опубликовал в статьях с академиками РАН Г.Г. Матишовым и В.А. Ивановым:

Шульга Т.Я., Хартиев С.М., Йоппа А.Р., Матишов Г.Г. ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВЗВЕШЕННЫХ ВЕЩЕСТВ В АЗОВСКОМ МОРЕ ПО ДАННЫМ AQUA MODIS И РЕЗУЛЬТАТАМ МОДЕЛИРОВАНИЯ // Доклады Академии наук. 2018. Т. 481. № 3. С. 324-328.

Иванов В.А., Черкесов Л.В., Шульга Т.Я. ДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ТРАНСФОРМАЦИЮ ПАССИВНОЙ ПРИМЕСИ В АЗОВСКОМ МОРЕ // Океанология. 2014. Т. 54. № 4. С. 464.

В седьмом разделе выполнен анализ климатических трендов термохалинной структуры Азовского моря по данным наблюдений *in situ* за 1913–2018 гг. Сделаны выводы и многолетних средних климатических значений температуры и солёности, построены климатические тренды, выделены периоды осолонения/опреснения моря. В данном предложен метод восстановления солёности Азовского моря на основе использования обобщённых эмпирических (регрессионных) уравнений, связывающих натурные данные с региональными спутниковыми продуктами. Приведены примеры пространственных карт реконструированной солёности Азовского моря. Результаты этих исследований соискатель опубликовал в ведущем зарубежном журнале:

Shulga T. Ya., Suslin V. V. (2023) The *in situ* and satellite data blended for reconstruction of the surface salinity of the Sea of Azov, International Journal of Remote Sensing, DOI: [10.1080/01431161.2023.2255355](https://doi.org/10.1080/01431161.2023.2255355)

Все результаты, выносимые на защиту, являются новыми и оригинальными. Основные положения диссертации опубликованы более чем в 50 работах, из них 20 статей в журналах, включённых в список ВАК и/или входящих в мировые индексы цитирования (SCOPUS, Web of Science), 2 монографии в соавторстве, 1 коллективная монография и 1 атлас в соавторстве. Полученные результаты прошли апробацию более чем на 30 российских и международных конференциях. Диссертация соответствует всем требованиям, предоставляемым к докторским диссертациям в ВАК, а её автор безусловно заслуживает присуждения учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 1.6.17 – Океанология.

Научный консультант:

кандидат физико-математических наук,  
ведущий научный сотрудник,  
заведующий отделом динамики океанических процессов  
ФГБУН ФИЦ «Морской гидрофизический институт РАН»

*Суслин*

Суслин Вячеслав Владимирович

*Подпись Суслина В. В.*  
*Начальник отдела кадров*  
*24.05.2024г*



*Е.Г. Подпись*