

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию

«ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО ВЕТРОВОГО
ВОЛНЕНИЯ НА КОРОТКИХ РАЗГОНАХ»,

представленную Кузнецовой Александрой Михайловной

на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук

по специальности 25.00.29 – Физика атмосферы и гидросферы.

Диссертационная работа А.М.Кузнецовой посвящена численному моделированию ветрового волнения на малых разгонах в замкнутых водоемах с использованием волновой спектральной модели WAVEWATCH III и региональной модели атмосферной циркуляции атмосферы WRF. Динамика относительно небольших озер и водохранилищ является крайне важной задачей, как в научном, так и в практическом плане. Возрастающее активное хозяйственное использование малых водоемов предъявляет высокие требования к знанию характеристик состояния вод и их динамики, включая состояние поверхности водоема. Характеристики ветровых волн на поверхности водоемов важны для судоходства и строительства инфраструктуры водоемов. С научной точки зрения достоверное знание характеристик ветрового волнения на поверхности водоемов необходимо для построения моделей водных объектов, как блоков климатических моделей. В настоящее время в большинстве климатических моделей используются крайне грубые параметризации таких водоемов, как правило, одномерные с крайне упрощенным описанием процессов на поверхности. Это существенно сдерживает развитие климатического моделирования, в том числе регионального. Кроме того, в данной диссертации рассмотрены процессы динамики ветрового волнения при малых разгонах в прибрежных областях и в проливах, что открывает возможности для широкого применения результатов уже в океанических условиях. Учитывая все вышесказанное, актуальность работы не вызывает сомнения.

Для решения задачи достоверного описания динамики автор использует волновую спектральную модель ветрового волнения WAVEWATCH III с граничными условиями, генерируемыми атмосферной региональной циркуляционной моделью WRF. Что крайне важно в этом контексте? Будь это открытый океан с полным спектром разгонов волн, было бы не так важно, как настроить волновую модель и как оптимально сделать граничные условия на поверхности. Это конечно зависит от решаемой задачи, но в целом это так для большинства задач крупномасштабного диагноза ветрового волнения. Однако для условий, в которых проводила моделирование А.М.Кузнецова необходимость настройки и, возможно, существенной модификации модели очевидна. Этому посвящена значительная часть работы и здесь получен ряд важных результатов, которые автор формулирует в первом защищаемом положении – касательно оптимальной формулировки ветровой накачки и касательно описания в модели межволновых взаимодействий. Важно, что автор при построении параметризации сопротивления морской поверхности основывался на специально проведенных натурных экспериментах на Горьковском водохранилище, в ходе которых прецизионно измерялись характеристики динамики волн. В результате была построена в известном смысле уникальная конфигурация спектральной модели ветрового волнения, пригодная к использованию на малых разгонах при доминировании достаточно молодых волн.

Данная конфигурация тестировалась для различных условий и районов и показала хорошую работоспособность, в частности для Финского залива, Персидского залива и тропической Атлантики в условиях тропического урагана. В целом это интересный блок работы, вполне самоценный, возможно надо было придумать какую-то другую парадигму для обоснования его включения в работу. Здесь в частности впервые продемонстрировано, как работает в реальных условиях новый механизм вовлечения брызг в процесс взаимодействия океан-атмосфера, предложенный руководителем соискателя. Демонстрирована также необходимость адаптации модели к различным условиям и показано, как это можно и нужно делать. Замечание концептуального характера, которое я бы сформулировал, связано с использованием во всех этих экспериментах форсинга, который отличается от WRF, которая будет потом использоваться, и в этом смысле чувствительность всех трех серий экспериментов к характеристикам форсинга остается логически несколько оторванной от основной линии работы. При описании этих экспериментов не всегда удается даже сразу понять, как и какой использовался форсинг. Тем не менее, это замечание не снижает ценности этого блока результатов, и они позволяют получить, во-первых, новые физические знания и, во-вторых, свидетельства высокой квалификации соискателя.

Далее А.М.Кузнецова представляет блок создания граничных условий для Горьковского водохранилища для волновой модели на основе модели WRF. Это правильный и разумный выбор, хотя, возможно и не единственный. Мелкое замечание в самом начале. Это конечно не объединение WRF с волновой моделью, а просто адаптация граничных условий из WRF к волновой модели. Объединение предполагает совместное решение уравнений двух моделей в режиме “coupling” и тогда нужно включать модель суши, модель гидрологии самого водохранилища и много чего еще, начиная собственно с «coupler», в рамках которого обычно выбирается OASIS. Кроме того, там совершенно другие масштабы будут вовлечены и другие размеры доменов потребуются. Я вообще не уверен, что это будет работать эффективно при таком высоком разрешении, да это и не нужно, поэтому это чисто терминологическое замечание. Поэтому 1-way coupling (название раздела 4.6) – не есть coupling в его стандартном понимании. Это некоторая попытка быть «немножко беременной», но, главное, что этого и не требовалось. Кстати и короткое описание того что понимается под coupling в разделе 1.7 также страдает недостаточным пониманием процесса создания совместных моделей.

Работа, проведенная по адаптации WRF, вполне впечатляет, соискатель освоил модель, и провел принципиально важную работу по исследованию роли параметризаций пограничного слоя в формировании реалистичных полей ветра у поверхности, в частности обосновано использование LES-параметризации для моделирования. Использование 4 доменов в целом обосновано, особенно, учитывая, что моделирование велось без приспособления к боковым граничным условиям (spectral nudging). Автор и здесь показала, что она является высококлассным специалистом. Что бы хотелось увидеть, и что не было сделано? Ну, во-первых, это использование альтернативных боковых условий, отличных от CFS, например тех же реанализов, которые приведены в виде таблицы во введении. Здесь же могла бы быть показана зависимость решения от использования спектрального приспособления и даны

оценки времени, на котором решение является полностью прогностическим. Во-вторых, можно было бы провести эксперименты с гидростатической версией той же модели WRF и оценить характеристики мезомасштабных процессов, связанные с использованием и неиспользованием негидростатики (например, пространственные спектры кинетической энергии). Наконец, более детальный анализ был необходим для обоснования пространственного разрешения атмосферной модели, возможно на масштабах менее 1 км тоже есть важные процессы. Кроме того, за пределами внимания автора (что не может считаться недостатком, учитывая фокус работы на моделирование волнения) осталась полный анализ конфигурации WRF, который не может ограничиваться только погранслоем и ветром, но требует анализа цикла влаги в атмосфере – главное, что оказывает работоспособность модели.

В результате автором получена конфигурация состоящая из современной спектральной волновой модели, существенно развитой автором, атмосферно модели, генерирующей граничные условия и позволяющей учитывать локальные особенности ветра и передавать в волновую модель модифицированное напряжение ветра. Волновая модель тестировалась в различных условиях и районах и показала свою работоспособность, а полная конфигурация детально тестировалась на Горьковском водохранилище и позволила получать высокоточные поля ветра и ветрового волнения.

Я ниже кратко суммирую замечания, упомянутые выше в отзыве.

1. Недостаточно обоснована необходимость экспериментов с разработанной конфигурацией волновой модели для других районов, особенно, учитывая, что в них использовался другой форсинг.
2. Не совсем точно определяется, что такое «объединение» волновой и атмосферной модели.
3. Отсутствуют эксперименты по чувствительности атмосферной модели к боковым граничным условиям и степень их радиации внутри расчетных областей.
4. Не проведены эксперименты с гидростатической версией модели WRF, что позволило бы проанализировать роль негидростатики в формировании мезомасштабных особенностей.

Имеется и ряд технических замечаний непринципиального характера. В частности в таблице 1 (она заимствована, но, тем не менее) дается информация о доступном разрешении атмосферных реанализов, однако она не говорит ничего о том, какое было реальное спектральное разрешение (за исключением JRA 55 и неспектральных моделей MERRA (обе) и ASR. Метеоцентры сегодня могут обеспечить выдачу с любым разрешением, но возможности моделей останутся все равно теми же и будут определяться разрешением самих моделей. Также к чисто техническим проблемам можно отнести стиль формулировки некоторых результатов (меньше в реферате, больше в работе), которые представлены в виде «... написана программа.....». Следовало бы больше концентрироваться на том, что получено.

Все высказанные замечания ни в коем случае не ставят под сомнение ценность полученных результатов и очень высокую квалификацию А.М. Кузнецовой, многие из них носят характер рекомендаций для дальнейших исследований. Автором предложено новое решение актуальной научной проблемы – диагностическое описание и прогноз ветрового волнения в условиях малых разгонов с использованием высокотехнологичной модели волнения и атмосферной модели для формирования полей граничных условий. Работа и автореферат написаны хорошим научным языком, автор и ее результаты известны научной общественности по публикациям и публичным выступлениям. Личный вклад автора в постановку задачи, получение результатов и их интерпретацию не вызывает сомнения. Одним словом, мы имеем дело со сформировавшимся высококвалифицированным специалистом. У меня нет сомнений, что работа А.М. Кузнецовой удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор без сомнения заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.29 – физика атмосферы и гидросферы.

Я, Гулев Сергей Константинович, даю свое согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Доктор физико-математических наук, профессор, член-корреспондент Российской академии наук, заведующий Лабораторией взаимодействия океана и атмосферы и мониторинга климатических изменений Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института Океанологии им.П.П. Ширшова Российской академии наук

Гулев Сергей Константинович

Контактные данные: тел.: +7(499)124-79-85, e-mail: gul@sail.msk.ru

03 октября 2019 г.

Почтовый адрес: 117997, г. Москва, Нахимовский проспект, дом 36
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук, <http://www.ocean.ru>, Тел. 8(499)124-59-96

Подпись Гулева Сергея Константиновича заверяю.
Ученый секретарь ИО РАН, к.г.н.




А.С. Фалина