

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА
на диссертацию Зеленько Александра Андреевича
«Оперативная океанология: моделирование, мониторинг и прогнозирование
гидрофизических полей Мирового океана», представленную
на соискание ученой степени доктора физико-математических наук
по специальности 25.00.29 – Физика атмосферы и гидросферы.

Мировой океан постепенно становится средой человеческой деятельности, по интенсивности нагрузок, сопоставимой с сушей. При этом океан является гораздо более агрессивной средой и любые виды хозяйственной деятельности в нем требуют детальных оперативных сведений о состоянии толщи океана и приповерхностной атмосферы, а также получения достоверных прогностических оценок. В этом смысле океанология сегодня вплотную приблизилась к метеорологии, ставшей оперативной наукой почти столетие назад. Морские перевозки, рыбный промысел, разведка и добыча ресурсов требуют от океанологов создания оперативных систем, основанных на гидродинамических моделях и системах усвоения данных и позволяющих прогнозировать состояние океана на периоды от нескольких дней до нескольких месяцев. Не менее важной задачей является получение прогностических оценок состояния океана для использования в моделях оперативного прогноза атмосферы, что принципиально для прогнозирования погоды и климата на различные сроки. Именно таким задачам и посвящена диссертация А.А. Зеленько. В этом смысле ее актуальность не вызывает сомнений.

В ходе выполнения работы автором получено решение фундаментальной научной проблемы – создания оперативной многоцелевой системы диагноза и прогнозирования полей океана на основе циркуляционной модели океана, модели ветрового волнения и блока всесторонней диагностики. Среди положений, вынесенных А. А. Зеленько на защиту отметим следующие:

Построена оперативная циркуляционная модель океана включая эффективную численную аппроксимацию, достоверно воспроизводящая динамику океанских полей на различных временных масштабах;

Выполнены численные эксперименты, позволившие с одной стороны детально протестировать работоспособность модели, а с другой – получить новые данные о динамике конвективных процессов в Северной Атлантике и динамике распространения водных масс в Южном океане – феноменах в значительной степени определяющих климатическую динамику Мирового океана в целом;

Построена первая национальная оперативная система усвоения информации для Мирового океана, основанная на трехмерной вариационной схеме и позволяющая существенно улучшать диагностические оценки состояния Мирового океана и формировать начальные поля для прогностических моделей океана. Разработана комплексная система прогнозирования ветрового волнения в Мировом океане, основанная на спектральной модели ветрового волнения WAVEWATCH III, адаптированной к различным районам и пространственным разрешениям и позволяющая уверенно прогнозировать характеристики ветрового волнения.

Ниже я остановлюсь на несомненных достоинствах работы, определяющих ее научную ценность и значение для науки и практики.

В первой главе А.А. Зеленко дает полный и высокопрофессиональный критический анализ современных систем наблюдений за состоянием океана. Здесь хочется отметить не только полноту анализа, но его направленность на оценку возможностей различных наблюдательных систем, определяемых ошибками наблюдений, ошибками репрезентативности (sampling) и составом наблюдаемых параметров. Помимо того, что данная глава является великолепным обоснованием работы, она представляет самостоятельную ценность, как уникальное в своем роде обобщение, которое можно рекомендовать широкому кругу читателей – от студентов до разработчиков моделей и оперативных океанологов и метеорологов.

Мне очень понравилось, как Александром Андреевичем представлена модель общей циркуляции океана (глава 2). Часто в диссертационных работах (как кандидатских, так и докторских) при описании моделей (формально считающихся разработанными авторами) очень трудно отделить то, что было заимствовано и то, что было реально привнесено автором. На самом деле сегодня очень трудно, если не невозможно, провести разработку циркуляционной модели океана «с нуля» и профессиональные разработчики моделей циркуляции это отлично знают. В этом смысле Александр Андреевич демонстрирует абсолютную научную честность, четко определяя (как в тексте диссертации, так и в автореферате) свой собственный вклад и заимствованные базовые идеи и концепции. Его вклад в части описания процессов перемешивания, численной аппроксимации и операционализации всей модели не вызывает никаких сомнений и безусловно относится к достоинствам работы.

Построение численной модели циркуляции и ее тестирование в режиме инициализационных экспериментов еще не гарантирует работоспособности модели в приложении к широкому классу задач. В этом смысле анализ численных экспериментов, проведенных Александром Андреевичем в главе 3, представляется крайне принципиальным и определяющим в значительной степени достоверность результатов. Разработчики численных моделей циркуляции хорошо знают, что можно легко доказать работоспособность любой (даже далеко не самой лучшей модели), показывая, например, характеристики температуры на каком-либо горизонте для какого-то конкретного года или месяца. Такие доказательства не многого стоят. Не таков Александр Андреевич. Им показаны как раз те феномены циркуляции, которые традиционно наиболее плохо воспроизводятся в моделях циркуляции, являясь при этом крайне принципиальными с точки зрения океанской динамики. К ним относится структура и режим конвективных процессов в Атлантике и структура динамики вод Южного океана. Для первого феномена приведены не только поля глубины конвекции, но и выполнен анализ отдельных конвективных эпизодов. Кроме того, получены и проанализированы долговременные ряды интенсивности конвекции за период в несколько десятилетий (рис. 3.5 работы). Для Южного океана выполнен детальный анализ динамики потоков на основе Лагранжева подхода, методологически разработанного автором. Это позволило построить детальное описание трехмерной динамики струй Южного океана и проследить перераспределение вод, включая оценки времени распространения водных масс. Я считаю третью главу и представленные результаты наиболее важными в работе.

Чем оперативный анализ и моделирование отличается от обычного решения прогностической задачи по воспроизведению циркуляции океана? В первую очередь реализацией усвоения данных в модели, что обеспечивает получение решения, отличающегося от стандартной прогностической задачи, но существенного более близкого к реальности (а проще говоря, и представляющего реальность, поскольку «наблюденная реальность» неизвестна или недостоверно известна – см. главу 1

диссертации). В этом смысле глава 4 представляет результаты разработки автором оперативной системы усвоения, которая и является неотъемлемым атрибутом того, что мы называем оперативной океанографией. Автором дается сначала обзор существующих подходов к построению систем усвоения, а затем предлагается система с циклической схемой «анализ-прогноз-анализ», позволяющая усваивать различные типы наблюдений и существенно улучшать решение. Затем показано, как данная схема улучшалась (переход от 2DVar к 3DVar) и как это улучшение повлияло на качество воспроизведения и прогноза параметров океана. Опять же, как и во второй главе, автор не делает попыток приписать себе те концептуальные основы усвоения данных, которые были созданы до него, а четко очерчивает круг проблем решенных им лично, что делает ему честь и выделяет на фоне многих других (см. мои соображения выше по главе 2). Принципиальными результатами здесь являются обоснование системы и создание нового океанского реанализа – задачи фундаментальные и успешно решенные. Я очень надеюсь, что Таблица 4.3 будет продемонстрирована во время защиты, поскольку представляет собой отличное свидетельство объема и качества проделанной работы.

В последней главе автором излагаются результаты, связанные с разработкой системы прогнозирования ветрового волнения. Я не берусь критиковать Александра Андреевича за включение этого материала в работу, он автор, ему и решать. Лично я не сомневаюсь, что материала первых четырех глав вполне достаточно для докторской степени. Тем не менее, представленная в данной главе система прогнозирования ветрового волнения, очень хорошо описана и представляет несомненное достижение автора. Будучи основанной на модели WAVEWATCH III, система была адаптирована к различным акваториям и разрешениям, а ее работоспособность была отлично протестирована, в том числе и в оперативном режиме.

Как и всякая крупная работа, диссертация А.А. Зеленько не лишена недостатков. Опуская неизбежные мелкие и редакционные замечания, остановлюсь на нескольких принципиальных.

Во-первых, я не очень понял, как делался spin-up циркуляционной модели и что анализировалось (в смысле метрик), чтобы обосновать, что spin-up должен быть таким как был.

Во-вторых, что происходит с конвекцией в море Ирмингера? Неужели совсем не получилось там конвекции? Да, рассматриваемый период не относится к сильной конвекции. Здесь, наибольшие значения имели место в конце 2000-х – начале 2010-х годов, но тем не менее?

В-третьих, хотелось бы увидеть анализ роли ре-стратификации в формировании конвекции, думаю, что в данном разрешении ре-стратификация не влияет никак, поскольку адвективный масштаб модели далек от реальности, но хорошо бы это показать (даже если я не прав).

Наконец, хотелось бы иметь прямую ссылку на результаты реанализа полей океана за несколько лет, что дало бы возможность пользователям его анализировать и использовать в разных приложениях. Думаю, что он где-то существует (см. таблицу 4.3).

Данные замечания не снижают ценности работы и ни в коей мере не ставят под сомнение достоверность и новизну полученных результатов. Александр Андреевич широко известен научной общественности по публикациям и публичным выступлениям. Его результаты активно используются в практике оперативной работы

Гидрометцентра России. Работа и автореферат написаны хорошим научным языком, лишенным наукообразия и очень легко читаются. Кроме того, они хорошо подготовлены технически.

Автореферат правильно и полно отражает содержание диссертации. Диссертационная работа "Оперативная океанология: моделирование, мониторинг и прогнозирование гидрофизических полей Мирового океана" соответствует требованиям "Положения о присуждении ученых степеней", а её автор Зеленько Александр Андреевич заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 25.00.29 – Физика атмосферы и гидросферы.

Заведующий лабораторией ИО РАН,
доктор физико-математических наук,
профессор, член-корреспондент РАН
22.11.2018

Гулев Сергей Константинович

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



А.С. Фалина