

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Лебедева Сергея Анатольевича
«Спутниковая альтиметрия Каспийского моря»,
представленную на соискание ученой степени
доктора физико-математических наук
по специальности 25.00.29 – физика атмосферы и гидросферы

Диссертационная работа посвящена актуальной в теоретическом и практическом отношении проблеме – разработке новых и усовершенствования уже существующих методов обработки альтиметрических измерений для изучения гидрометеорологического и гидродинамического режимов на примере Каспийского моря.

Несмотря на очевидную значимость проблемы, она недостаточно полно разработана как в отечественной, так и в зарубежной литературе. Ее актуальность определяется необходимостью разработки спутниковых методов мониторинга основных гидрометеорологических параметров Каспийского моря (уровня, скорости приводного ветра и высот ветровых волн), а также исследования динамики Каспийского моря на основе данных спутниковой альтиметрии. Разрабатываемая методология позволяет решать различные практические задачи, связанные с оценками воздействия на окружающую среду при строительстве нефтедобывающих платформ на акватории моря/залива и береговых сооружений, для обеспечения безопасности судоходства и проведения региональных климатических исследований.

Диссертационная работа состоит из введения, 6-ти глав, заключения, списка сокращений, приложения, изложена на 350 страницах, включая список литературы, который содержит 523 ссылки преимущественно на англоязычные публикации (302 ссылки). Работа содержит 24 таблицы и 150 рисунков.

Во **Введении** определяется цель исследования, раскрывается актуальность диссертационной работы, формулируются задачи, оценивается научная новизна и практическая значимость, описывается структура работы и формулируются положения, выносимые на защиту.

Первая глава посвящена анализу гидрометеорологического режима Каспийского моря по данным инструментальных измерений на уровневых постах, метеостанциях и волномерных постах, расположенных вдоль побережья моря, и динамики моря, в основном рассчитанной по термогидродинамическим моделям. Автор показал, что, так как инструментальные измерения на уровневых постах обладают рядом существенных недостатков, определяемых отсутствием единой системы высот, влиянием современных вертикальных движений земной коры и, как следствие, низкой точностью измерений, спутниковые альтиметрические

измерения являются основой для мониторинга основных гидрометеорологических параметров Каспийского моря.

Во второй главе дано изложение перспектив альтиметрических измерений как одного из основных инструментов спутникового мониторинга Каспийского моря. Здесь рассматриваются различные вопросы методического характера, а также история развития спутниковой альтиметрии. Одним из важных специфических вопросов являются различного рода поправки, которые необходимо учитывать при обработке альтиметрических данных. Автор обсуждает физическую природу основных поправок с учетом особенностей их учета в различных задачах.

В третьей главе подробно рассматриваются методы обработки спутниковой альтиметрии для акватории Каспийского моря. Обосновываются причины выбора альтиметрических измерений спутников TOPEX/Poseidon (T/P) и Jason-1/2 (J1/2) для анализа гидрологического и гидродинамического режимов моря. Автором предложены оптимальные алгоритмы расчета основных поправок («сухая» тропосферная поправка, поправка на влажность и ионосферная поправка) для акватории Каспийского моря. Для объединения данных спутников T/P и J1/2 в единый временной ряд альтиметрических измерений рассчитана систематическая поправка для акватории Каспийского моря, которые существенно отличаются от поправок для открытого океана, что обусловлено особенностями физико-географических условий этого региона и его гравитационного поля. В данной главе автором теоретически обоснован алгоритм регионального адаптивного ретрекинга, опыт применения которого для пяти водохранилищ Волжского каскада доказал его преимущество перед стандартными алгоритмами и дал возможность улучшить данные спутниковой альтиметрии в прибрежной зоне Каспийского моря.

Четвертая глава посвящена особенностям данных спутниковой альтиметрии и структуре построения Интегрированной базы данных спутниковой альтиметрии для акватории Каспийского моря (ИБДСА «Каспий») и изложению принципа интегрированности при ее формировании. Сам принцип интегрированности предполагает разработку соответствующего программного обеспечения, задача которого сводится к интерполяции данных модельных расчетов, представляющих собой численные поля на регулярной сетке или коэффициенты разложения на гармонические составляющие для морских приливов или коэффициенты разложения по сферическим функциям для геопотенциала, в точку, где непосредственно проводятся альтиметрические измерения.

Пятая глава посвящена исследованию синоптической, сезонной и межгодовой изменчивости основных гидрометеорологических параметров (уровня, скорости приводного ветра и высот ветровых волн) Каспийского моря по объединенным данным альтиметрических измерений спутников T/P и J1/2. Автор по инструментальным измерениям на метеостанциях, уровенных и волномерных постах путем верификации альтиметрических данных доказывает достоверность полученных результатов. Изучение

межгодовой и сезонной изменчивости основных гидрометеорологических параметров автор проводит на основе временной изменчивости их в точках пересечения восходящих и нисходящих треков спутников Т/Р и J1/2, которые значительно удалены от основных уровенных постов. По результатам исследования для каждого параметра автор выделяет характерные периоды роста и падения, для которых рассчитывает соответствующие скорости межгодовой изменчивости. Автором впервые был проведен анализ межгодовой изменчивости уровня залива Кара-Богаз-Гол. По данным спутниковой альтиметрии хорошо прослеживается процесс заполнения залива после разрушения дамбы между морем и заливом и выхода его на естественный гидрологический режим. В межгодовой изменчивости высот ветровых волн и скорости приводного ветра автором выделены четыре временных интервала синхронного роста и уменьшения этих параметров.

В **шестой главе** представлена цифровая региональная модель средних высот морской поверхности Каспийского моря и реализуется подход, в котором модель средних высот морской поверхности Каспийского моря представляет собой функцию не только широты и долготы, как это принято при построении глобальных моделей, но и времени. Такой метод расчета требует постоянного обновления модели средних высот морской поверхности по мере поступления новых данных спутниковой альтиметрии. Эта модель позволила впервые проанализировать не только межгодовую изменчивость уровня Каспия, но и пространственную неоднородность скорости его подъема или падения. Величины аномалий высот морской поверхности позволили автору провести анализ сезонной и межгодовой изменчивости полей среднемесячной и среднесезонной синоптической динамической топографии и завихренности поля скоростей геострофических течений. Совместный анализ изменчивости среднегодовых величин скоростей течений и завихренности поля течений, рассчитанных по данным альтиметрических измерений, показывает обратную корреляцию средних скоростей течений и завихренности поля скоростей течений. Проведен анализ пространственной изменчивости скорости прохождения паводка реки Волга вдоль 092 трека спутников Т/Р и J1/2 и ее межгодовой изменчивости и показано, что средняя скорость продвижения паводка реки Волга, а максимальная величина наблюдается в Среднем Каспии в районе южного свала глубин Дербентской впадины, где расположен минимум градиента аномалий силы тяжести.

В **Заключении** автором сформулированы основные результаты диссертационной работы.

В **Приложении** приведен полный список публикаций автора по теме диссертации, который включает в себя: 2 монографии, 4 главы/статьи в российских научных сборниках и 4 их в зарубежных (из них 2 из системы «Web of Science» и 3 из системы «Scopus»), 12 статей в российских реферируемых журналах и 5 в зарубежных (из них 11 из списка ВАК, 4 – из системы «Web of Science» и 4 – из системы «Scopus»), 20 статей в материалы

и труды конференций (14 из них в трудах зарубежных конференций) и 55 тезисов конференций (46 из них тезисы зарубежных конференций).

Полученные автором результаты подтверждаются сравнением результатов обработки данных спутниковой альтиметрии с данными инструментальных измерений на уровневых постах, гидрометеостанциях и волномерных постах. Результаты работы докладывались на большом количестве семинаров в ведущих российских и зарубежных научных центрах и представительных российских и международных конференций. Уместно отметить, что С.А. Лебедев является автором публикаций, в которых представлена разработанная им методическая основа для подготовки российских специалистов в области спутниковой альтиметрии, а его монография «Спутниковая альтиметрия Каспийского моря» может рассматриваться как учебно-методическое пособие.

Одним из наиболее сильных результатов диссертационного исследования автора является разработка уникального алгоритма регионального адаптивного ретрекинга, который позволяет существенно повысить точность определения уровня моря и внутренних водоемов за счет увеличения значимых альтиметрических данных вблизи берегов (от 1 км).

Диссертация С.А. Лебедева предлагает научно-обоснованные технологические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны, но также содержит новые теоретические положения и научные достижения, что позволяет ее считать соответствующей требованиям к докторским диссертациям.

Тем не менее, при общей положительной оценке диссертации С.А. Лебедева, необходимо отметить некоторые замечания:

1. Автор не обсуждает то, что существует определенный разрыв спутниковой информации между достаточно большой представительностью вдольтрековой альтиметрической информации и их временной дискретностью. Это не позволяет с необходимой полнотой описать пространственно-временной спектр изменчивости океанологических условий, в особенности в диапазоне инерционно-гравитационных волн. Решение этой проблемы, вероятно, в усвоении спутниковой информации в численных гидродинамических моделях высокого разрешения и численном воспроизводстве гидродинамических полей в необходимом диапазоне масштабов. Автор не обсуждает этой проблемы, хотя в приложении к термодинамике вод Каспийского моря этот путь мог бы быть успешным.
2. Нам представляется, что при океанологической интерпретации океанологических измерений целесообразно было бы придерживаться не терминологии простых статистических характеристик изменчивости полей, а гидродинамической интерпретации в терминах теории поля и законов сохранения (дивергенция, конвергенция, полные потоки, фронтальные зоны, градиенты уровня моря).

3. При описании изменчивости альтиметрических полей следовало бы придерживаться определенной классификации, например, классификации А.С. Мони́на. Это позволило бы более определенно обозначать явления в диапазоне гравитационных и инерционно-гравитационных волн, отделяя их амплитудную и фазовую модуляцию от энергонесущих градиентно-вихревых волн типа волн Россби.

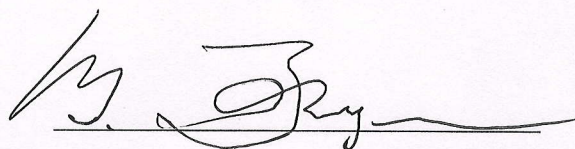
Сделанные замечания не снижают высокой оценки рецензируемой диссертационной работы и не влияют на признание значительного вклада работ диссертанта в разработке приложения альтиметрии не только при исследовании термодинамики вод Каспийского моря, но и в целом дистанционных исследованиях динамики вод Мирового океана.

В целом диссертация С.А. Лебедева является законченным оригинальным научным трудом, в котором разработана и существенно усовершенствована технология обработки, хранения и генерализации данных спутниковой альтиметрии. На этой основе осуществлено на новом уровне решение крупной научной задачи — изучение гидromетеорологического и гидродинамического режимов Каспийского моря.

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Работа С.А. Лебедева полностью отвечает критериям «Положения о присуждении ученых степеней» от 24 сентября 2013 г., предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор достоин присвоения ему степени доктора физико-математических наук по специальности 25.00.29 – «Физика атмосферы и гидросферы».

Официальный оппонент,
доктор географических наук,
профессор кафедры океанологии
Института наук о Земле ФГБОУ ВПО
«Санкт-Петербургский
государственный университет»
199178, Санкт-Петербург, 10 линия, д. 33/35,
тел. (812) 328-97-09,
e-mail: victorvfl285@vandex.ru



Фукс Виктор Робертович

22 сентября 2014 г.

