

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 Лебедева Сергея Анатольевича посвящена изучению гидрометеорологического и гидродинамического режимов Каспийского моря по данным спутниковой альтиметрии.

Актуальность темы не вызывает сомнения. Большое внимание, уделяемое Каспийскому морю, связано не столько с интенсивным развитием добычи нефтяных углеводородов на акватории моря, но и с продолжающимися значительными колебаниями уровня, которое оказывает негативное влияние на экологию и прибрежную инфраструктуру прикаспийских государств. Разработка новых алгоритмов и методов обработки данных спутниковой альтиметрии позволяет оперативно решать задачу мониторинга пространственно-временной изменчивости основных гидрометеорологических параметров (уровня, скорости приводного ветра и высот ветровых волн) и гидродинамического режима моря. Точность расчета уровня моря по альтиметрическим измерениям высоты морской поверхности соответствует требованиям океанологической практики.

Оригинальность и новизна работы состоит в следующем.

Разработан уникальный алгоритм регионального адаптивного ретрекинга (анализа формы отраженного импульса) данных альтиметрических измерений, который позволяет увеличить число значимых

измерений в прибрежной зоне (1–15 км) более чем в 10 раз, и тем самым повысить точность измерений уровня моря.

Разработана и реализована методика обработки данных спутниковой альтиметрии для акватории Каспийского моря, включая залив Кара-Богаз-Гол, которая основана на оптимизации алгоритма расчета обязательных поправок: «сухая» тропосферная поправка, поправка на влажность, ионосферная поправка.

Сформулирован принцип интегрированности при создании баз данных спутниковой альтиметрии, который предполагает включение специализированного программного обеспечения в систему управления базами данных. На его основе создана уникальная региональная Интегрированная база данных спутниковой альтиметрии, которая включает в себя самый длинный временной ряд альтиметрических измерений спутников TOPEX/Poseidon, Jason-1 и Jason-2.

В межгодовой изменчивости выделены периоды роста и падения уровня Каспийского моря и залива Кара-Богаз-Гол, скорости приводного ветра и высот ветровых волн. Для каждого периода рассчитаны скорости изменения этих параметров.

Создана региональная численная модель средних высот морской поверхности для акватории Каспийского моря, которая впервые позволила показать пространственная неоднородность скорости межгодовой изменчивости уровня Каспия.

Впервые построена карта вероятности максимального роста или падения уровня моря.

Впервые рассчитаны среднемесячные и среднегодовые поля динамической топографии как суперпозиция климатической динамической топографии и соответствующих аномалий уровня относительно построенной модели средних высот морской поверхности. Таким образом, реализован новый подход к изучению динамики вод Каспийского моря по данным дистанционного зондирования.

Работа логично структурирована. В ней последовательно рассматриваются: гидрометеорологический и гидродинамический режимы Каспийского моря (Глава 1); основы метода спутниковой альтиметрии (Глава 2); разработка и оптимизация алгоритмов и методов обработки данных спутниковой альтиметрии для акватории Каспийского моря (Глава 3), на основании которых создана специализированная региональная база данных альтиметрических измерений спутников TOPEX/Poseidon, Jason-1 и Jason-2 (Глава 4); исследование межгодовой и пространственно-временной изменчивости уровня моря, скоростей приводного ветра, высот ветровых волн и ледового режима (Глава 5); создание численной модели средних высот морской поверхности Каспия, на основании которой проведен анализ пространственной неоднородности межгодовой изменчивости скорости роста/падения уровня моря (Глава 6); пространственно-временной изменчивости динамики моря и прохождения паводка реки Волга по акватории моря (Глава 6).

Диссертационная работа состоит из введения, шести 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, раскрывается научная новизна и практическая значимость, описывается структура работы и положения, выносимые на защиту.

Первая глава посвящена анализу гидрометеорологического и гидродинамического режимов Каспийского моря по данным инструментальных измерений. На сегодня метеорологические станции, уровенные и волномерные посты расположены вдоль побережья моря и обладают рядом недостатков: низкая точность измерений, морально устаревшее оборудование, затрудненный обмен информацией между

прикаспийскими государствами. По этой причине возникает необходимость привлечения данных дистанционного зондирования Земли, в частности спутниковой альтиметрии, для мониторинга основных гидрометеорологических параметров (скорости приводного ветра, высоты ветровых волн и уровня) Каспийского моря.

Вторая глава посвящена спутниковой альтиметрии, которая, по мнению автора, должна стать одним из основных инструментов спутникового мониторинга Каспийского моря. Эта глава по сути своей является обзором данного метода дистанционного зондирования. Она содержит историю развития; геометрия измерений; физические основы метода; основы обработки формы отраженного импульса альтиметра; физическая природа основных поправок на влияние окружающей среды, которые необходимо учитывать при обработке данных, а также использованием данных спутниковой альтиметрии в различных науках о Земле.

В третьей главе подробно рассматриваются методы обработки данных спутниковой альтиметрии для акватории Каспийского моря. Обосновываются причины выбора альтиметрических измерений спутников TOPEX/Poseidon, Jason-1 и Jason-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. Объединение данных альтиметрических измерений различных спутников в единый временной ряд требует учета систематических поправок, рассчитанных автором для акватории Каспийского моря, которые отличаются от поправок для открытого океана.

В этой главе автором теоретически обоснован и практически реализован для акватории Каспийского моря алгоритм регионального адаптивного ретрекинга: 1) создание кусочно-постоянной топографической модели подстилающей поверхности; 2) решение прямой задачи определения модельных волновых форм на основе топографической модели

подстилающей поверхности; 3) формулировка критериев отбора телеметрических импульсов; 4) пошаговое решение обратной задачи путем порогового и улучшенного порогового ретрекинга. Опыт применения регионального адаптивного ретрекинга для пяти водохранилищ Волжского каскада доказал его преимущество перед стандартными алгоритмами и дает возможность улучшить данные спутниковой альтиметрии прибрежной зоне Каспийского моря.

Глава четвертая посвящена особенностям данных спутниковой альтиметрии, структуре и методике построения Интегрированной базы данных спутниковой альтиметрии для акватории Каспийского моря (ИБДСА «Каспий»). Она формируется на основе алгоритмов и методов обработки данных спутниковой альтиметрии, изложенных в предыдущей главе.

Пятая глава посвящена исследованию гидрометеорологического режима Каспийского моря на основе альтиметрических измерений. Достоверность представленных результатов подтверждается верификацией результатов обработки данных спутниковой альтиметрии по инструментальными измерениями на уровневых постах, гидрометеостанциях и волномерных постах.

Изучение межгодовой и сезонной изменчивости уровня Каспия и залива Кара-Богаз-Гол, скоростей приводного ветра и высот ветровых волн проводилось на основе анализа временной изменчивости этих параметров в точках пересечения восходящих и нисходящих треков. На основе этого было выделены периоды роста и падения и рассчитаны скорости изменения этих параметров для каждого периода. В межгодовой изменчивости высот ветровых волн и скорости приводного ветра автором выделены четыре временных интервала синхронного роста и падения.

В этой главе автором показана перспективность альтиметрических измерений для исследования ледяного режима Северного Каспия.

В шестой главе автором представлены численная региональная модель средних высот морской поверхности Каспийского моря, которая

представляет собой функцию не только широты и долготы, но и времени. Такой подход позволил впервые проанализировать не только межгодовую изменчивость уровня Каспия, но и пространственную неоднородность скорости его подъема или падения и ее связь с особенностями гравитационного поля.

Величины аномалий высот морской поверхности (аномалий уровня), рассчитанные относительно созданной региональная модель средних высот морской поверхности и интерполированные на регулярную сетку, позволили автору провести анализ сезонной и межгодовой изменчивости полей среднемесячной и среднесезонной синоптической динамической топографии, поля скоростей геострофических течений и его завихренности.

По данным аномалий уровня Каспийского моря проведен анализ пространственной изменчивости скорости прохождения паводка реки Волга вдоль 092 трека спутников TOPEX/Poseidon, Jason-1 и Jason-2 и ее межгодовой изменчивости.

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 являются достоверными, поскольку подтверждаются сравнением результатов обработки данных спутниковой альтиметрии с данными инструментальных измерений на уровневых постах, гидрометеостанциях и волномерных постах. Разработанные методы и

алгоритмы, включая алгоритм регионального адаптивного ретрекинга, хорошо работают как в других внутренних морях, так и в Мировом океане.

Многие из полученных автором результатов (например, преобладание антициклонической циркуляции в Южном Каспии) подтверждают результаты, полученные ранее инструментальными измерениями, а некоторые являются уникальными (например, пространственная неоднородность роста/падения уровня моря и анализ прохождения паводка реки Волга по акватории моря).

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

1. Работа перегружена графическим материалом.
2. В главе 3 отсутствует в виде рисунка пошаговая схема алгоритма регионального адаптивного ретрекинга, которая могла бы улучшить понимание сути данного алгоритма.
3. Не в полной мере использованы результаты исследований, проводимых Захарчуком Е.А.
4. Вызывает сожаление, что при исследовании межгодовой изменчивости уровня Каспийского моря автором не использовались данные серии российских спутников ГЕОИК, проводящих альтиметрические измерения с 1985 по 1995 годы.
5. В работе отсутствует сравнение методики расчета уровня Каспийского моря, разработанная автором, с методами, предложенными в работах французских исследователей Анни Казенав (Cazenave A.) и Жана-Франсуа Крето (Cretaux J.-F.).
6. В тексте встречаются опечатки и несогласованности падежей и времен.

В целом считаю, что диссертация С.А. Лебедева является законченным научным трудом, представляющим значительный научный интерес и большое практическое значение. В нем теоретически разработан и программно реализован новый уникальный алгоритм адаптивного

регионального ретрекинга, который представляет собой усовершенствование технологии обработки данных альтиметрических измерений, и на новом уровне решена научно-практическая задача мониторинга по данным спутниковой альтиметрии уровня, скоростей приводного ветра, высот ветровых волн и динамики Каспийского моря, включая прибрежную область.

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Таким образом, работа С.А. Лебедева «Спутниковая альтиметрия Каспийского моря» отвечает всем критериям пункта 9 «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 физико-математических наук,
профессор, директор ФГБУ
«Институт прикладной геофизики
им. академика Е.К. Федорова»



Ларин Владимир Борисович

24 сентября 2014 г.

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Институт прикладной геофизики им. академика Е.К. Федорова»,
129128, Москва, ул. Ростокинская, д. 9
Телефон: +7(499)187-81-86
E-mail: director@ipg.geospace.ru,
geophys@hydromet.ru