



УТВЕРЖДАЮ

Директор ФГБУН ГЦ РАН
академик РАН

Гвишиани Алексей Джерменович
8 апреля 2014 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Геофизического центра Российской академии наук

Диссертация «Спутниковая альтиметрия Каспийского моря» выполнена в Лаборатории геоинформатики и геомагнитных исследований Федерального государственного бюджетного учреждения науки Геофизического центра Российской академии наук.

В период подготовки диссертации соискатель Лебедев Сергей Анатольевич работал в Лаборатории геоинформатики и геомагнитных исследований Федерального государственного бюджетного учреждения науки Геофизического центра Российской академии наук в должности ведущего научного сотрудника (с 2007 года).

В 1987 г. окончил Физический факультет Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова по специальности «физика», в 1991 году — очную аспирантуру в Государственном океанографическом институте по специальности «океанология».

Диссертацию «Возможности диагностического анализа динамики океана по данным спутниковой альтиметрии» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности «океанология» защитил в 1997 году в диссертационном совете при Государственном океанографическом институте.

Научный консультант — доктор физико-математических наук, доцент Костяной Андрей Геннадьевич работает в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук в Лаборатории экспериментальной физики океана в должности главного научного сотрудника.

По итогам обсуждения принято **следующее заключение:**

Оценка диссертации. Диссертация С.А. Лебедева «Спутниковая альтиметрия Каспийского моря» является научно-квалификационной работой. По объему выполненных исследований, новизне, научной и практической значимости полученных результатов она соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» (утвержденное Правительством Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842), предъявляемых к докторским диссертациям.

Актуальность работы. На фоне сокращающейся сети гидрометеорологических наблюдений на побережье и акватории Каспийского моря, морально и технически устаревшего оборудования, сложностей обмена данными между государствами Каспийского региона спутниковой мониторинг гидрометеорологического и гидродинамического режимов Каспийского моря становится все более актуальной задачей. Использование спутниковой альтиметрии способно не только восполнить потерю традиционной информации, но и исследовать изменчивость уровня, скорости приводного ветра и высот ветровых волн Каспийского моря на всей его акватории. Необходимость таких измерений связано, не только со значительными межгодовыми изменениями уровня Каспия, но и с интенсивным развитием добычи нефти и газа на его акватории.

Основной целью работы является разработка теоретических обоснований и методов исследования гидрометеорологического и гидродинамического режимов Каспийского моря по данным спутниковой альтиметрии.

Для достижения этих целей: разработан алгоритм регионального адаптивного ретрекинга (анализа формы отраженных импульсов альтиметра) для обработки данных спутниковой альтиметрии в прибрежной зоне и для внутренних водоемов (рек, водохранилищ и озер); проведено уточнение методов и алгоритмов расчета обязательных поправок при обработке данных альтиметрических измерений; созданы специализированные базы данных спутниковой альтиметрии и цифровая модель средних высот морской поверхности Каспийского моря; исследованы сезонная и межгодовая изменчивости уровня, скорости приводного ветра и значимых высот ветровых волн Каспийского моря в различных его частях, включая залив Кара-Богаз-Гол; проведены расчет и анализ климатической циркуляции моря для различных сезонов; выполнено исследование прохождения паводка реки Волга по акватории Каспийского моря по альтиметрическим измерениям.

Научную новизну работы составляют **основные положения, выносимые на защиту:**

1. Разработан и программно реализован алгоритм адаптивного регионального анализа формы отраженных импульсов альтиметра (ретрекинга) для определения уровня воды во внутренних водоемах и прибрежных зонах морей и океанов, который позволяет существенно повысить точность определения уровня моря и внутренних водоемов за счет увеличения значимых альтиметрических данных вблизи берегов (от 1 км). Обоснованы критерии отбора данных для Каспийского моря и построен региональный алгоритм определения высоты морской поверхности по данным ретрекинга.
2. Разработана и реализована методика обработки данных спутниковой альтиметрии для акватории Каспийского моря, включая залив Кара-Богаз-Гол, которая основана на оптимизации алгоритма расчета ряда

обязательных поправок: «сухая» тропосферная поправка, поправка на влажность, ионосферная поправка.

3. Сформулирован принцип интегрированности при создании баз данных спутниковой альтиметрии, который предполагает включение специализированного программного обеспечения в систему управления базами данных. На основе данного принципа впервые созданы Интегральные базы данных спутниковой альтиметрии для Мирового океана и Каспийского моря. Обе базы данных зарегистрированы в Государственном реестре баз данных.
4. На основе анализа межгодовой изменчивости уровня моря по данным альтиметрических измерений выделены периоды роста (1992–1995 гг. и 2001–2005 гг.) и падения (1995–2001 гг. и 2005–2012 гг.) уровня Каспийского моря, для каждого периода рассчитаны скорости изменчивости уровня, которые варьировались от +20 см/год до -22 см/год. В конце 2012 г. уровень моря составил -27,7 м. Для залива Кара-Богаз-Гол выделены период заполнения залива водой с 1992 по 1996 гг. со скоростью +168,4 см/год, а также периоды роста (2002–2006 гг.) и падения (1996–2002 гг. и 2006–2012 гг.) после выхода водного баланса залива на естественный режим. При этом скорости изменчивости уровня залива варьировались от +7 см/год до -20 см/год.
5. Впервые построены и проанализированы ежемесячные карты скорости приводного ветра и высоты волн по всей акватории моря на основе данных спутниковой альтиметрии за 1993–2012 гг. Впервые построены и проанализированы временные ряды скорости приводного ветра и высоты волн для акватории моря и центральной части залива Кара-Богаз-Гол с временным шагом около 5 суток. Выделены периоды увеличения (1992–1996 гг., 1996–2001 гг. и 2009–2012 гг.) и уменьшения (2001–2009 гг.) скорости приводного ветра и высоты волн на акватории Каспийского моря. Для каждого периода рассчитаны скорости изменчивости, которые варьировались от +0,105 м/с в год до -0,045 м/с в год для

скорости приводного ветра и $+0,043$ м/год до $-0,045$ м/год для высоты волн.

6. Создана региональная модель средних высот морской поверхности для акватории Каспийского моря, которая представляет собой функцию не только широты и долготы, но и времени. На основании данной модели впервые показана пространственная неоднородность скорости межгодовой изменчивости уровня Каспия, которая хорошо согласуется с особенностями гидрологического режима моря и гравитационного поля. Впервые построена карта вероятности максимального роста или падения уровня моря. Установлено, что зоны с максимальной изменчивостью уровня расположены в западной части Южного Каспия и в юго-восточной части Среднего Каспия.
7. 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.

Достоверность полученных результатов подтверждается сравнением результатов обработки данных спутниковой альтиметрии с данными инструментальных измерений на уровневых постах, гидрометеостанциях и волномерных постах. Разработанные методы и алгоритмы хорошо работают как для других внутренних морей (Черное, Азовское, Аральское моря), так и в Мировом океане.

Практическая значимость. Результаты исследований С.А. Лебедева представляют собой основу системы гидрологического и экологического мониторинга Каспийского региона.

Разработанный алгоритм регионального адаптивного ретрекинга, который апробировался не только в прибрежной зоне Каспийского моря, но и в акваториях Рыбинского, Горьковского, Куйбышевского, Саратовского и Вол-

гоградского водохранилищ на реке Волга, может с успехом использоваться для оценки изменчивости уровня в прибрежных зонах океанов, внутренних морей и внутренних водоемов (водохранилищ, озер и крупных рек). Результаты исследования сезонной и межгодовой изменчивости уровня моря, скорости приводного ветра и высот ветровых волн на акватории Каспийского моря и залива Кара-Богаз-Гол необходимы для проведения оценок воздействия на окружающую среду при строительстве нефтедобывающих платформ, подводных трубопроводов на акватории моря/залива и береговых сооружений, для обеспечения безопасности судоходства и проведения региональных климатических исследований. Данные о сезонной и межгодовой изменчивости уровня воды залива Кара-Богаз-Гол необходимы для планирования развития химической промышленности Туркменистана. Климатические поля геострофических скоростей течений дают возможность провести оценки трансграничного переноса загрязняющих веществ.

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались и обсуждались на многочисленных отечественных и зарубежных конференциях, совещаниях и семинарах.

Соискателем лично: разработан принцип интегрированности, который программно реализован при создании баз данных спутниковой альтиметрии, и специализированной Системы управления базой данных; создана цифровая модель средних высот морской поверхности Каспийского моря, которая отражает как пространственную, так и временную ее изменчивость; разработана и реализована методика обработки данных спутниковой альтиметрии для акватории Каспийского моря, которая основана на оптимизации алгоритма расчета ряда обязательных поправок; проведена обработка и анализ данных по уровню моря, скорости приводного ветра и высоте волн.

Алгоритм регионального адаптивного ретрекинга, разрабатывался совместно с коллегами из ФГБУН Института прикладной физики РАН и ФГБУН Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН. Автор работы принимал

участие в теоретическом обосновании этого метода и в практической реализации его для акватории Каспийского моря.

Уместно отметить, что С.А. Лебедев – один из немногих российских профессионалов в области использования спутниковой альтиметрии, которых сегодня в нашей стране единицы.

Специальность, которой соответствует диссертация. Направление диссертационной работы и публикации соискателя соответствуют паспорту специальности 25.00.29 – «Физика атмосферы и гидросферы».

Публикации соискателя по теме диссертации. Материалы диссертации полностью изложены в работах, опубликованных соискателем. По теме диссертации опубликовано более 60 работ, в том числе: 2 монографии: «Спутниковая альтиметрия Каспийского моря» (2005) и «Комплексный спутниковый мониторинг морей России» (2011); 15 статей в отечественных и 9 в зарубежных рецензируемых журналах (из них 11 из списка ВАК, 6 – из системы «Web of Science»); 4 главы в российских и 4 главы в зарубежных научных сборниках и книгах (из них 2 из системы «Web of Science» и 2 из системы «Springer»); 12 публикаций в сборниках трудов конференций (из них 2 российские и 10 зарубежных конференций)..

Список публикаций (в изданиях, рекомендуемых ВАК), в которых изложены основные результаты работы:

1. *Кеонджян В.П., Лебедев С.А.* Модель расчета функции полных потоков по данным спутниковой альтиметрии // *Метеорология и гидрология.* – 1992. – № 7. – С. 75–80.
2. *Лебедев С.А.* Возможности автоматизированной реляционной геодисциплинарной оперативной системы АРГОС при работе со спутниковой информацией // *Метеорология и гидрология.* – 1996. – № 2. – С. 110–115.
3. *Лебедев С.А.* Исследование межгодовой и сезонной изменчивости уровня Каспийского моря и уровня воды в реке Волга по данным альтиметрии

- спутников TOPEX/Poseidon и Jason-1 // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2005. – Т. 2. – №. 2. – С. 131–138.
4. *Lebedev S., Kostianoy A.* Satellite altimetry of the Caspian Sea // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2006. – Вып. 3. Т. 2. – С. 113–120.
 5. *Лебедев С.А., Сирота А.М., Медведев Д.П., Хлебникова С.Н., Костяной А.Г., Гинзбург А.И., Шеремет Н.А., Кузьмина Е.В.* Верификация данных спутниковой альтиметрии в прибрежной зоне европейских морей // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2008. – Вып. 5. – Т. 2. – С. 137–140.
 6. *Lebedev S.A., Kostianoy A.G.* Integrated using of satellite altimetry in investigation of meteorologic, hydrologic and hydrodynamic regime of the Caspian Sea // Terr. Atmos. Ocean. Sci. – 2008. – V. 19. – № 1–2. – P. 71–82. doi: 10.3319/TAO.2008.19.1-2.116(SA).
 7. *Lebedev S., Sirota A., Medvedev D., Khlebnikova S., Vignudelli S., Snaith H.M., Cipollini P., Venuti F., Lyard F., Bouffard J., Cretaux J.-F., Birrol F., Roblou L., Kostianoy A., Ginzburg A., Sheremet N., Kuzmina E., Mamedov R., Ismatova K., Alyev A., Mustafayev B.* Exploiting satellite altimetry in coastal ocean through the ALTICORE project // Russ. J. Earth. Sci. – 2008. – V. 10. – № 1. – ES1002. doi: 10.2205/2007ES000262.
 8. *Троицкая Ю.И., Баландина Г.Н., Рыбушкина Г. В., Соустова И.А., Костяной А.Г., Лебедев С.А., Панютин А.А., Филина Л.В.* Исследования изменчивости уровня воды в Горьковском водохранилище на основе данных спутниковой альтиметрии // Исследование Земли из космоса. – 2011. – № 1. – С. 48–56.
 9. *Троицкая Ю.И., Рыбушкина Г.В., Соустова И.А., Баландина Г.Н., Лебедев С.А., Костяной А.Г., Панютин А.А., Филина Л.В.* Спутниковая альтиметрия внутренних водоемов // Водные ресурсы. – 2012. – Т. 39. – № 2. – С. 169–185.
 10. *Лебедев С.А.* Модель средней высоты морской поверхности Каспийского

- моря // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2012. – Т. 9. – № 3. – С. 224–234.
11. *Troitskaya Yu., Rybushkina G., Soustova I., Balandina G., Lebedev S., Kostianoy A.* Adaptive retracking of Jason-1 altimetry data for inland waters: the example of the Gorky Reservoir // *Int. J. Rem. Sens.* – 2012. – V. 33. – № 23. – P. 7559–7578. doi: 10.1080/01431161.2012.685972.
 12. *Troitskay Y., Rybushkina G., Soustova I., Lebedev S.* Adaptive re-traking of Jason–1 altimeter data for inland waters (on an example the Gorky reservoir on the Volga river // *IEEE Int. Geosci. Rem. Sens. Sym.* – 2012. – P. 794–797. doi: 10.1109/IGARSS.2012.6351442.
 13. *Гусев И.В., Лебедев С.А.* Учет влияния океанических приливов при наблюдении геодезических искусственных спутников Земли // *Известия ВУЗов. Геодезия и аэрофотосъемка.* – 2013. – № 1. – С. 25–32.
 14. *Лебедев С.А.* Спутниковая альтиметрия в науках о Земле // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса.* – 2013. – Т. 10. – № 3. – С. 33–49.
 15. *Troitskaya Yu., Rybushkina G., Soustova I., Lebedev S.* Adaptive Retracking of Jason-1, 2 Satellite Altimetry Data for the Volga River Reservoirs // *IEEE J. Select. Top. App. Earth Obser. Rem. Sen.* – 2013. – V. PP. – № 99. – P. 1–6. doi: 10.1109/JSTARS.2013.2267092.
 16. *Kostianoy A.G., Zavialov P.O., Lebedev S.A.* What do we know about dead, dying and endangered lakes and seas? // *Dying and Dead Se as Climatic Versus Anthropic Causes* / Eds. J.C.J. Nihoul, P.O. Zavialov, P.P. Micklin. – NATO Science Series. Series IV: Earth and Environmental Science. V. 36. – Dordrecht: Kluwer Acad. Publ., 2004. – P. 1–48. doi: 10.1007/978-94-007-0967-6_1.
 17. *Kouraev A.V., Cretaux J.-F., Lebedev S.A., Kostianoy A.G., Ginzburg A.I., Shermemet N.A., Mamedov R., Zakharova E.A., Roblou L., Lyard F., Calmant S., Berge-Nguyen M.* Satellite Altimetry Applications in the Caspian Sea // *Coastal Altimetry* / Eds. S. Vignudelli, A.G. Kostianoy, P. Cipollini, J. Benveniste. – Berlin: Springer–Verlag, 2011. – P. 331–366. doi: 10.1007/978-3-642-12796-0_13.

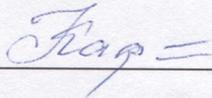
18. *Lebedev S.A.* Mean Sea Surface Model of the Caspian Sea Based on TOPEX/Poseidon and Jason-1 Satellite Altimetry Data // Geodesy for Planet Earth / Eds. S. Kenyon et al. – IAG Geodesy Symposia. V. 136. – Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2012. – P. 833–841. doi: 10.1007/978-3-642-20338-1_105.
19. *Kostianoy A.G., Lebedev S.A., Solovyov D.M.* Satellite monitoring of the Caspian Sea, Kara-Bogaz-Gol Bay, Sarykamysh and Altyn Asyr Lakes, and Amu Darya River // The Turkmen Lake Altyn Asyr and Water Resources in Turkmenistan / Eds. I.S. Zonn, A.G. Kostianoy. – Hdb. Env. Chem. V. 28. – Berlin, Heidelberg, New York. Springer-Verlag, 2014. – P 197–232. doi: 10.1007/698_2013_237.
20. *Vignudelli S., Roblou L., Snaith H.M., Cipollini P., Venuti F., Kostianoy A., Ginzburg A., Lyard F., Cretaux J.-F., Birol F., Lebedev S., Sirota A., Medvedev D., Khlebnikova S., Mamedov R., Ismatova K., Alyev A., Nabiyev T.* ALTICORE – A consortium serving european seas with coastal altimetry // IEEE Int. Geosci. Rem. Sens. Sym. – 2007. – P. 5125–5128. doi: 10.1109/IGARSS.2007.4424015.
21. *Vignudelli S., Kostianoy A., Ginzburg A., Sheremet N., Lebedev S., Sirota A., Snaith H.M., Bouffard J., Roblou L., Cipollini P.* Reprocessing Altimeter Data Records along European Coasts: Lessons Learned from the Alticore Project // IEEE Int. Geosci. Rem. Sens. Sym. – 2008. – V. 3. – P. III-419–III-422. doi: 10.1109/IGARSS.2008.4779373.

Диссертация «Спутниковая альтиметрия Каспийского моря» Лебедева Сергея Анатольевича рекомендуется к защите на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 25.00.29 – «Физика атмосферы и гидросферы».

Заключение принято на расширенном семинаре Лаборатории геоинформатики и геомагнитных исследований ФГБУН Геофизического центра РАН, в работе которого принимали участие ученые и специалисты из ФГБУН Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН и ФГБУН Института космических исследований РАН. На заседании присутствовало 27 человек. Резуль-

таты голосования: «за» – 27 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел.;
протокол заседания № 5 от 24 мая 2013 г.

Доктор технических наук,
главный научный сотрудник
Лаборатории геоинформатики и
геомагнитных исследований



Кафтан Владимир Иванович

26 марта 2014 г.