

УТВЕРЖДАЮ

Директор  
Федерального государственного  
бюджетного учреждения науки  
Федерального исследовательского  
центра «Морской гидрофизический  
институт РАН»,  
член-корреспондент РАН



Коновалов С.К.

«24» ноября 2021 г.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Федерального исследовательского центра  
«Морской гидрофизический институт РАН»

Диссертация «Пространственно-временная изменчивость общего взвешенного вещества в Российском секторе Азово-Черноморского бассейна по данным гидрооптических измерений» на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.17 – «океанология» выполнена в отделе оптики и биофизики моря Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Морской гидрофизический институт РАН» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

В период подготовки диссертации соискатель Латушкин Александр Александрович работал в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Федеральном исследовательском центре «Морской гидрофизический институт РАН» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в должности младшего научного сотрудника отдела оптики и биофизики моря.

В 2009 г. соискатель окончил Севастопольский национальный технический университет (в настоящее время – Севастопольский государственный университет) по специальности «физика».

Латушкин А.А. окончил в 2012 г. очную аспирантуру Морского гидрофизического института НАН Украины.

Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано 29.12.2016 г. Федеральным государственным бюджетным учреждением науки «Морской гидрофизический институт РАН».

Научный руководитель – доктор географических наук Артамонов Юрий Владимирович работает ведущим научным сотрудником отдела океанографии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Морской гидрофизический институт РАН» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

По результатам рассмотрения диссертации Латушкина А.А. «Пространственно-временная изменчивость общего взвешенного вещества в Российском секторе Азово-Черноморского бассейна по данным гидрооптических измерений» принято следующее заключение:

**Оценка выполненной соискателем работы.**

Диссертация Латушкина А.А. посвящена исследованиям пространственно-временной изменчивости содержания общего взвешенного вещества в трёх акваториях Азово-Черноморского бассейна, различающихся орографическими и гидрометеорологическими условиями, а также уровнем антропогенной нагрузки по данным современных гидрооптических измерений.

Взвешенное вещество является одним из неотъемлемых компонентов морской среды. В природных водах во взвешенном состоянии находится большое количество минеральных и органических частиц, имеющих различное происхождение. Состав и количество взвешенного в воде вещества определяются природными и антропогенными факторами. В открытой части Черного моря в формировании состава взвеси преобладают природные факторы, связанные с развитием и жизнедеятельностью фитопланктона, а его пространственное распределение зависит от гидрологического режима и динамики вод. В прибрежных районах Черного моря преобладают антропогенные факторы поступления взвешенных веществ в водные

акватории, связанные с интенсивным освоением шельфа, ростом приморских городов, курортных объектов, массовой коттеджной застройкой побережья, а также с промышленными, сельскохозяйственными и бытовыми сбросами загрязняющих веществ.

Содержание взвешенного в воде вещества существенным образом влияет на ее прозрачность и проникновение в водную толщу солнечной энергии, особенно в диапазоне фотосинтетически активной радиации, которая регулирует интенсивность процесса фотосинтеза. Таким образом, содержание взвешенного вещества определяет биологическую продуктивность вод, что делает важным мониторинг пространственного распределения его концентрации.

Традиционные методы определения содержания в воде взвешенного вещества (например, гравиметрический метод) являются трудоемкими и требуют значительного времени для получения результата. Применение стандартного гравиметрического метода не позволяет проводить автоматизированный и оперативный мониторинг концентрации взвеси.

Являясь оптически активным компонентом, взвешенное вещество играет большую роль в формировании гидрооптической структуры водной среды. Существует тесная связь между показателем ослабления направленного света (ПОС) и содержанием общего взвешенного в воде вещества. Корреляция между этими параметрами зависит от состава и свойств взвеси: размера, формы, показателя преломления частицы, цветового контраста и имеет региональный характер. В работе соискателем определены регрессионные соотношения между ПОС и концентрацией общего взвешенного вещества для трех акваторий Азово-Черноморского бассейна (прибрежный район Севастополя, открытая северная часть Черного моря, залив Сиваш). Полученные соотношения были использованы при анализе серии натурных прибрежных и крупномасштабных гидролого-гидрооптических съемок.

В работе Латушкина А.А. рассматриваются пространственные распределения общего взвешенного вещества и их особенности на синоптическом и сезонном масштабах, а также оценена их связь с гидрологической структурой для глубоководной части Черного моря. Для этой части моря получены количественные оценки корреляционных связей между горизонтальными распределениями гидрологических и гидрооптических характеристик. Установлено, что вертикальный профиль коэффициентов корреляции между концентрацией общего взвешенного вещества и значениями температуры, солености и плотности морской воды имеет двухслойную структуру. Минимум коэффициентов корреляции находится ниже верхнего квазиоднородного слоя, где наблюдаются высокие вертикальные градиенты термохалинных характеристик. Также в работе описана зависимость между толщиной слоя с максимальным содержанием общего взвешенного вещества с величиной максимального вертикального градиента температуры.

В работе соискателя показано, что на гидрооптическую структуру вод в районе Голубой бухты (Севастополь) оказывало влияние поступление сточных вод из разрыва подводного трубопровода очистных сооружений. Продемонстрирована эффективность применения гидрооптических методов для оперативного выявления мест поступления загрязняющих веществ.

В результате исследований, выполненных в мелководном заливе Сиваш, получено, что после перекрытия Северо-Крымского канала с 2014 по 2020 г. с возрастанием солености в заливе наблюдалось увеличение концентрации взвешенного веществ в несколько раз, что связано с замедлением осаждения частиц и увеличением абразии берегов. Пространственное распределение общего взвешенного вещества здесь зависит, главным образом, от направления и скорости ветра, а также от продолжительности его воздействия.

**Личное участие соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации.**

Автором совместно с сотрудниками отдела оптики и биофизики моря выполнена разработка двух опытных образцов измерителя показателя ослабления направленного света. Все тестовые испытания измерителей, их калибровки, сопоставления с подобными измерителями других производителей проведены лично соискателем. Соискателем были выполнены определения содержания общего взвешенного вещества гравиметрическим методом, а также получены массивы данных по ПОС для исследуемых акваторий. На основании полученных массивов данных им были рассчитаны регрессионные соотношения, связывающие ПОС и концентрацию общего взвешенного вещества для трех акваторий Азово-Черноморского бассейна: открытой части Черного моря, прибрежных районов Севастополя и залива Сиваш. Совместно с соавторами выполнены оценки вертикальных распределений коэффициентов линейной связи между горизонтальными полями концентраций взвешенного вещества и гидрологическими параметрами. Выявлены особенности сезонной изменчивости общего взвешенного вещества, получена зависимость толщины слоя с его максимальным содержанием от величины максимального вертикального градиента температуры для северной части Черного моря. Исследовано влияние сточных вод, поступающих из разрыва подводного трубопровода очистных сооружений, на гидрооптическую структуру. Описаны механизмы, которыми можно объяснить общее увеличение концентрации взвешенного вещества в заливе Сиваш в результате роста солености после перекрытия Северо-Крымского канала в 2014 г.

Планирование и реализация всех экспериментов, а также анализ и обсуждение результатов исследовательской работы проводились соискателем совместно с научным руководителем и соавторами научных публикаций.

**Степень достоверности результатов проведенных исследований.**

Сопоставление вертикальных профилей ПОС, полученных с помощью разработанных при участии соискателя образцов измерителей, с вертикальными профилями ПОС, полученными с использованием измерителей других производителей (мутномеры комплексов Кондор и Idronaut, а также прозрачномера ПУМ-200, разработанного в ИО РАН), показало хорошее согласование между ними.

Регрессионные соотношения, связывающие ПОС с концентрацией общего взвешенного вещества, получены непосредственно для каждой из трех акваторий (прибрежный район Севастополя, открытая северная часть Черного моря, залив Сиваш), в которых проводились исследования.

Степень достоверности научных результатов работы определяется анализом большого массива данных, который получен для трех акваторий Азово-Черноморского бассейна в различные сезоны и годы с высоким пространственным разрешением и содержит более 1100 вертикальных профилей ПОС и гидрологических параметров.

**Научная новизна результатов проведенных исследований.**

С использованием разработанной автором гидрооптической аппаратуры получены уникальные массивы данных ПОС с высоким пространственным разрешением для трех акваторий Азово-Черноморского бассейна, характеризующихся разной степенью влияния природных факторов и уровнем антропогенного воздействия.

Впервые получены статистически значимые связи между концентрацией взвешенного вещества и гидрологическими параметрами (температурой, соленостью, плотностью) в глубоководной зоне северной части Черного моря для различных сезонов года.

Впервые выявлены закономерности распространения загрязнения из точечного источника в Голубой бухте (Севастополь) на основе совместных гидрооптических и гидрологических измерений.

Впервые определено влияние изменения солёности и интенсивности ветрового воздействия на пространственно-временное распределение концентрации общего взвешенного вещества в мелководном заливе Сиваш.

### **Теоретическая и практическая значимость работы.**

Результаты, полученные в рамках данной работы, позволили углубить понимание роли влияния гидродинамических и термохалинных процессов, а также метеорологических условий на распределение концентрации взвешенного вещества в полузамкнутых, прибрежных и открытых районах Азово-Черноморского бассейна. Полученные результаты показывают высокую эффективность использования гидрооптических методов при проведении оперативного мониторинга содержания взвешенного вещества в различных акваториях. Их применение позволяет с высокой точностью идентифицировать источники поступления загрязняющих веществ, отследить пути их распространения.

Данные, полученные в районе Голубой бухты (Севастополь), способствовали принятию решения руководством города Севастополя о проведении ремонтных работ в месте прорыва подводной трубы системы сброса сточных вод.

### **Ценность научных работ соискателя.**

Результаты, приведенные в работе соискателя, расширяют представления об особенностях распределения взвешенного вещества в северной части Черного моря. Полученный автором большой объем данных с высоким пространственно-временным разрешением о концентрации взвешенного вещества и гидрологических параметрах позволяет выделить области с повышенным содержанием взвешенного вещества, отследить их динамику и изучить особенности их вертикальной стратификации. Исследования, выполненные в месте прорыва подводной трубы системы сброса сточных вод, дают понимание об особенностях вертикальной диффузии загрязняющих веществ в направлении от дна к поверхности в условиях стратифицированной гидрологической структуры. Данные,

полученные для мелководного залива Сиваш, показывают, каким образом резкое осолонение может повлиять на концентрацию взвешенного вещества и в целом на экосистему подобных акваторий.

### **Специальность, которой соответствует диссертация.**

Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 1.6.17 – «океанология», отрасль наук – географические науки.

### **Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем.**

По теме диссертации опубликовано в соавторстве 66 научных работ, из них 15 статей в рецензируемых научных журналах, 1 патент на изобретение и 47 статей в сборниках трудов и материалов конференций.

Требованиям ВАК при Минобрнауки России удовлетворяют 15 работ в рецензируемых научных изданиях [1–15] и 1 патент на изобретение [16]. В их числе 11 работ в рецензируемых научных изданиях, входящих в наукометрическую базу Web of Science [1–3, 5–10, 12, 13], 14 работ в рецензируемых научных изданиях, входящих в наукометрическую базу SCOPUS [1–13, 15] и 1 работа [14] в рецензируемом научном издании, входящем в перечень изданий ВАК при Минобрнауки России, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук.

### **Статьи в рецензируемых журналах**

1. **Latushkin A.A.**, Lee M.E., Martynov O.V. Some aspects of light emitting diode application in hydrooptical equipment // Light & Engineering. 2013. Vol. 21. № 3. P. 50–52 (Ли М.Е., **Латушкин А.А.**, Мартынов О.В. Некоторые аспекты применения сверхярких светодиодов в гидрооптической аппаратуре // Журнал светотехника. 2013. № 2. С. 45–46).

2. Kolesnikova E.A., Anufriieva E.V., **Latushkin A.A.**, Shadrin N.V. Mesochra rostrata Gurney, 1927 (Copepoda, Harpacticoida) in Sivash Bay (Sea of Azov): Is It a New Alien Species or a Relict of Tethys? // Russian Journal of

Biological Invasions. 2017. Vol. 8, № 3. P. 244–250.  
doi: 10.1134/S2075111717030079.

3. Shadrin N.V., Anufriieva E.V., Kipriyanova L.M., Kolesnikova E.A., **Latushkin A.A.**, Romanov R.E., Sergeeva N.G. The political decision caused the drastic ecosystem shift of the Sivash Bay (the Sea of Azov) // Quaternary International. 2018. Vol. 475. P. 4–10. doi: 10.1016/j.quaint.2017.12.009.

4. Lee M.E., **Latushkin A.A.**, Martynov O.V. Long-term transparency variability of the Black Sea surface waters // Fundamentalnaya i Prikladnaya Gidrofizika. 2018. Vol. 11. № 3. P. 40–46. doi: 10.7868/S207366731803005X (Ли М.Е., **Латушкин А.А.**, Мартынов О.В. Долговременная изменчивость прозрачности поверхностных вод Черного моря // Фундаментальная и прикладная гидрофизика. 2018. Т. 11. № 3. С. 40–46. doi: 10.7868/S207366731803005X).

5. Bondur V.G., Vorobyev V.E., Zamshin V.V., Serebryany A.N., **Latushkin A.A.**, Li M.E., Martynov O.V., Hurchak A.P., Grinchenko D.V. Monitoring Anthropogenic Impact on Some Coastal Water Areas of the Black Sea Using Multispectral Satellite Imagery // Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics. 2018. Vol. 54. № 9. P. 1008–1022. doi: 10.1134/S0001433818090098 (Бондур В.Г., Воробьев В.Е., Замшин В.В., Серебряный А.Н., **Латушкин А.А.**, Ли М.Е., Мартынов О.В., Хурчак А.П., Гринченко Д.В. Мониторинг антропогенных воздействий на прибрежные акватории Черного моря по многоспектральным космическим изображениям // Исследование Земли из космоса. 2017. № 6. С. 3–22. doi: 10.7868/s020596141706001x).

6. Kubryakov A.A., Aleskerova A.A., Goryachkin Yu.N., Stanichny S.V., **Latushkin A.A.**, Fedirko A.V. Propagation of the Azov Sea waters in the Black sea under impact of variable winds, geostrophic currents and exchange in the Kerch Strait // Progress in Oceanography. 2019. Vol. 176. Art. 102119. doi: 10.1016/j.pocean.2019.05.011.

7. Klyuvitkin A.A., Garmashov A.V., **Latushkin A.A.**, Orekhova N.A., Kochenkova A.I., Malafeev G.V. Comprehensive Studies of the Black Sea during

the Cruise 101 of the R/V Professor Vodyanitskiy // *Oceanology*. 2019. Vol. 59. № 2. P. 287–289. doi: 10.1134/S0001437019020097 (Клювиткин А.А., Гармашов А.В., **Латушкин А.А.**, Орехова Н.А., Коченкова А.И. Комплексные исследования Черного моря в 101-м рейсе научно-исследовательского судна «Профессор Водяницкий» // *Океанология*. 2019. Т. 59. № 2. С. 315–318. doi: 10.31857/S0030-1574592315-318).

8. Shadrin N., Kolesnikova E., Revkova T., **Latushkin A.**, Chepyzhenko A., Drapun I., Dyakov N., Anufriieva E. Do separated taxa react differently to a long-term salinity increase? The meiobenthos changes in Bay Sivash, largest hypersaline lagoon worldwide // *Knowledge and Management Aquatic Ecosystems*. 2019. Vol. 420. Art. 36. 14 P. 36. doi: 10.1051/kmae/2019028.

9. Shadrin N., Kolesnikova E., Revkova T., **Latushkin A.**, Chepyzhenko A., Dyakov N., Anufriieva E. Macrostructure of benthos along a salinity gradient: The case of Sivash Bay (the Sea of Azov), the largest hypersaline lagoon worldwide // *Journal of Sea Research*. 2019. Vol. 154. Art. 101811. doi: 10.1016/j.seares.2019.101811.

10. Sovga E.E., Eremina E.S., **Latushkin A.A.** Research expeditions performed by Marine hydrophysical institute in the Sivash bay waters in Spring and Autumn, 2018 // *Physical Oceanography*. 2020. Vol. 27. № 2. P. 161–170. doi: 10.22449/1573-160X-2020-2-161-170 (Совга Е.Е., Ерёмкина Е.С., **Латушкин А.А.** Экспедиционные исследования, проведенные Морским гидрофизическим институтом в акватории залива Сиваш весной и осенью 2018 года // *Морской гидрофизический журнал*. 2020. Т. 36, № 2. С. 176–185. doi: 10.22449/0233-7584-2020-2-176-185).

11. **Latushkin A.A.**, Artamonov Yu.V., Lee R.I., Sysoev A.A., Sysoeva I.V., Fedirko A.V., Martynov O.V. The Northern Part of the Black Sea Waters' Bio-optical and Hydrology Structure Features in the Autumn Period 2016 // *Fundamentalnaya i Prikladnaya Gidrofizika*. 2021. Vol. 13. № 3. P. 78–82. doi: 10.7868/S2073667320030065 (**Латушкин А.А.**, Артамонов Ю.В., Ли Р.И., Сысоев А.А., Сысоева И.В., Федирко А.В., Мартынов О.В. Особенности

биооптической и гидрологической структуры вод северной части Чёрного моря в осенний период 2016 г. // *Фундаментальная и прикладная гидрофизика*. 2021. Т. 13. № 3. С. 78–82. doi: 10.7868/S2073667320030065).

12. Shadrin N., Stetsiuk A., **Latushkin A.** Anufriieva E. Mercury in the world's largest hypersaline lagoon Bay Sivash, the Sea of Azov // *Environmental Science and Pollution Research*. 2021. Vol. 28. №22. P. 28704–28712. doi: 10.1007/s11356-021-12745-9.

13. Anufriieva E., Kolesnikova E., Revkova T., **Latushkin A.**, Shadrin N. Human-Induced Sharp Salinity Changes in the World's Largest Hypersaline Lagoon Bay Sivash (Crimea) and Their Effects on the Ecosystem // *Water*. 2022. Vol. 14. №3. Art. 403. doi: 10.3390/w14030403.

14. Кудинов О.Б., **Латушкин А.А.** Универсальный автономный накопитель для повышения оперативности гидрооптических исследований in-situ // *Процессы в геосредах*. 2018. Т. 17. № 3. С. 74–75.

15. **Latushkin A.A.**, Artamonov Yu.V., Skripaleva E.A., Fedirko A.V. The Relationship of the Spatial Structure of the Total Suspended Matter Concentration and Hydrological Parameters in the Northern Black Sea According to Contact Measurements // *Fundamental and Applied Hydrophysics*. 2022. Vol. 15. № 2. P. 124–137. doi: 10.48612/fpg/4heu-kxbn-gg7t (**Латушкин А.А.**, Артамонов Ю.В., Скрипалева Е.А., Федирко А.В. Связь пространственной структуры концентрации общего взвешенного вещества и гидрологических параметров в северной части Черного моря по данным контактных измерений // *Фундаментальная и прикладная гидрофизика*. 2022. Т. 15, № 2. С. 124–137. doi: 10.48612/fpg/4heu-kxbn-gg7t).

#### **Патент на изобретение**

16. **Латушкин А.А.**, Мартынов О.В. Патент РФ №2605640 на изобретение: Способ определения спектрального показателя ослабления направленного света в морской воде in situ. Опубликовано 27.12.2016, бюллетень №36.

Цитирования материалов и отдельных результатов других авторов в диссертации оформлены соответствующим образом. Результаты диссертационной работы в полной мере опубликованы в рецензируемых научных изданиях, удовлетворяющих требованиям ВАК Российской Федерации.

Диссертация «Пространственно-временная изменчивость общего взвешенного вещества в Российском секторе Азово-Черноморского бассейна по данным гидрооптических измерений» Латушкина Александра Александровича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.17 – «океанология».

Заключение принято на заседании Общеинститутского научного семинара Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Морской гидрофизический институт РАН».

Присутствовало на заседании 25 членов Общеинститутского научного семинара. Результаты голосования: «за» – 25 человек, «против» – 0 человек, «воздержалось» – 0 человек, протокол №17 от 24 ноября 2021 г.

Председатель

Общеинститутского научного семинара

Федерального государственного бюджетного

учреждения науки Федерального исследовательского центра

«Морской гидрофизический институт РАН»

доктор географических наук, член-корреспондент РАН

директор

Коновалов Сергей Карпович

Ученый секретарь

Общеинститутского научного семинара

Федерального государственного бюджетного

учреждения науки Федерального исследовательского центра

«Морской гидрофизический институт РАН»,

кандидат физико-математических наук,

ученый секретарь

Алексеев Дмитрий Владимирович



*Handwritten signature of the Secretary*