

УТВЕРЖДАЮ:

Директор Федерального  
государственного бюджетного  
учреждения науки Федеральный  
исследовательский центр  
«Морской гидрофизический  
институт РАН»,  
член-корреспондент РАН  
Коновалов С.К.



«26» сентября 2019 г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Федеральный исследовательский центр  
«Морского гидрофизического института РАН»

Диссертация «Оптические неоднородности морской воды и атмосферы над морем» на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 25.00.28 – океанология выполнена в отделе оптики и биофизики моря Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федеральный исследовательский центр «Морской гидрофизический институт РАН» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

В период подготовки диссертации соискатель Шибанов Евгений Борисович работал в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Федеральный исследовательский центр «Морской гидрофизический институт РАН» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в должности старшего научного сотрудника отдела оптики и биофизики моря.

В 1983 г. соискатель окончил Московский физико-технический институт по специальности «аэродинамика и термодинамика». Диссертацию

на соискание ученой степени кандидата физико-математических по специальности «геофизика» защитил в 2003 г. в совете, созданном при Морском гидрофизическом институте Национальной академии наук Украины. В 2008 г. соискатель окончил докторантуру Морского гидрофизического института Национальной академии наук Украины

По результатам рассмотрения диссертации «Оптические неоднородности морской воды и атмосферы над морем» принято следующее заключение:

### **Оценка выполненной соискателем работы.**

В диссертационной работе предлагается новый подход к описанию физических процессов и явлений, определяющих распространение света в море, и имеющих важное прикладное значение, в частности для определения цвета моря с помощью дистанционного зондирования. Для этого выдвинута гипотеза о нелокальных неоднородностях морской воды, влияющих на ее оптические свойства и перенос в ней электромагнитного излучения.

Актуальность темы исследования определяется широким применением оптических контактных и дистанционных методов в исследованиях морской среды, что требует детального знания ее оптических свойств.

Для достижения целей и задач диссертации использовались теоретические и экспериментальные методы исследования, а также методы численного моделирования. В аналитических расчетах применялись методы интегро-дифференциального и матричного исчисления, метод функций Грина, метод вариации постоянной. При решении задач переноса применялся метод последовательных кратностей рассеяния. Из статистических методов использовался корреляционный анализ и метод главных компонент. При решении обратных задач применялись различные методы минимизации функционала. В численных алгоритмах по теории переноса излучения интегрирование проводилось по квадратурным формулам Гаусса. В программах и алгоритмах расчета рассеяния и поглощения на сферических

частицах применялись методы расчетов функций Бесселя по схемам прямой и обратной рекурсии.

Основные результаты работы заключаются в следующем:

1. создана и апробирована методика определения показателя рассеяния света морской водой в широком спектральном (380–780 нм) и угловом (0,5–178°) интервале;

2. впервые для вод Черного, Средиземного, Балтийского морей и вод Мексиканского залива получены натурные данные об угловом показателе рассеяния света морской водой в широком спектральном интервале 380–780 нм и в диапазоне углов 0,5–178°;

3. показано, что причиной высокой анизотропии рассеяния света в воде, очищенной от примесей, является пространственное согласование неоднородностей самой воды;

4. предложена модель неоднородностей локальной плотности жидкой воды. Для описания отдельных составляющих в общей системе неоднородностей введено понятие оптической квазичастицы. На основе сопоставления модельных расчетов и экспериментальных данных были оценены параметры функции распределения оптических квазичастиц по размерам. Выведены формулы, учитывающие согласованное расположение оптических квазичастиц;

5. проведен эксперимент, подтверждающий согласованный характер расположения квазичастиц относительно друг друга. Оценено время релаксации воды к первоначальному «невозмущенному» состоянию. Сделаны оценки объемной меры подпространства «дефектов» в воде. Экспериментально показано, что эффект увеличения рассеяния света при смешивании вод различной плотности наблюдается во всем интервале углов приблизительно пропорционально самой индикаторисе рассеяния;

6. выдвинуто предположение, что несоответствие параметров светового поля в сверхчистых водах Мирового океана и оптических «констант» чистой воды обусловлено эффектом пространственной дисперсии диэлектрической

проницаемости воды. Предложена полуэмпирическая теория переноса излучения в средах с пространственной дисперсией диэлектрической проницаемости. Получено решение системы уравнений в двухпотоковом приближении;

7. относительная влажность воздуха является одним из главных факторов изменчивости атмосферного аэрозоля над морем. Продемонстрировано, что высокая корреляция между аэрозольными оптическими толщинами, позволяющая проводить атмосферную коррекцию при дистанционном зондировании цвета моря, обусловлена ограничением на отсутствие облачности в момент измерений;

8. обоснована необходимость и предложены способы параметризации коэффициента яркости моря в коротковолновой области спектра при проведении процедуры атмосферной коррекции;

9. усовершенствованы методы расчетов характеристик отраженного оптического излучения в море и в атмосфере:

– предложен новый более стабильный и эффективный способ расчета коэффициентов электромагнитных мод в задачах расчета рассеяния света на сферических частицах, не использующий итерационную процедуру Ленца. Получены аналитические выражения для начальных индексов и числа итераций при вычислениях функций Бесселя и их логарифмических производных;

– разработан способ повышения устойчивости численных расчетов световых полей в плоско-параллельной среде с сильной анизотропией рассеяния света;

– разработан эффективный алгоритм расчета азимутальной зависимости параметров светового поля, не имеющий осциллирующей по азимуту ошибки вычислений

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

Автором сформулированы основные научные положения и выводы, которые вошли в диссертацию. Теоретические разработки, и выдвинутые в диссертации гипотезы, принадлежат соискателю. В совместных работах вклад автора заключался в постановке задач, в организации и проведении лабораторных экспериментов, в разработке моделей, методик измерений и в анализе их результатов. Соискатель опубликовал в журналах и сборниках научных трудов 10 работ без соавторов. Конкретный вклад соискателя в работах с соавторами варьировался от 10% до 95%.

### **Степень достоверности результатов проведенных исследований.**

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается хорошим соответствием результатов аналитических и численных расчетов с результатами многочисленных лабораторных и экспедиционных исследований.

Модель оптических неоднородностей воды соответствует современным представлениям о физической природе жидкости, как конденсированного состояния вещества. Дополнительное рассеяние света объясняется малыми поправками к случайнно-однородному расположению молекул в среде и поэтому изложенный в работе теоретический подход не противоречит известным классическим формулам теории термодинамических флуктуаций.

Выводы о наличии пространственно-согласованных неоднородностей в воде подкреплены экспериментальными данными прибора, который прошел тестирование в ведущих лабораториях мира и заслужил высокую оценку среди специалистов по измерению рассеяния света в воде. Эти выводы соответствуют точке зрения специалистов, занимающихся вопросами структуры воды, результатам численного моделирования и работам других авторов.

Расчеты по модели, учитывающей неоднородности воды, хорошо описывают приведенные в работе результаты измерений углового показателя

рассеяния света в воде, которые, в свою очередь, согласуются с экспериментальными результатами других исследователей, полученными за всю историю измерений рассеяния света в воде. Вывод о наличии согласованной системы неоднородностей в воде косвенно подтверждается результатами оптических измерений в особо чистых водах Мирового океана, а именно, сверхвысокой прозрачностью воды и существенным превышением коэффициента яркости над его теоретическими оценками.

Выводы об оптических свойствах атмосферного аэрозоля получены на основе анализа данных хорошо известного за рубежом и ранее широко используемого в СССР фотометра М-83 и данных, собранных глобальной сетью солнечных радиометров (AERONET). Фотометрические данные статистически хорошо обеспечены.

Теоретические результаты работы получены в рамках проверенных и общепринятых методов теоретической физики, электродинамики, радиофизики, статистической физики. Часть этих результатов в виде алгоритмов и компьютерных кодов на данный момент апробирована в оптических моделях атмосферы и моря в ведущих зарубежных институтах. Достоверность выводов и рекомендаций, полученных в результате расчетов по моделям, подтверждается совпадением с известными точными решениями, опубликованными табличными значениями и результатами расчетов по другим программам и алгоритмам.

### **Научная новизна результатов проведенных исследований.**

Следующие результаты диссертационной работы, полученные лично соискателем, обладают принципиальной научной новизной и получены впервые.

1. Создана методика определения рассеивающих свойств морской воды в широком угловом и спектральном интервалах, которая включает в себя:
  - а) методы калибровки измерителя спектрального углового показателя рассеяния света, б) метод управления чувствительностью ФЭУ для регистрации сигнала в широком диапазоне, в) новый способ учета паразитной

засветки, г) алгоритм обработки данных измерений с учетом многократного рассеяния.

2. В ходе гидрооптических экспедиций измерены величины углового показателя рассеяния света морской водой для Черного, Средиземного, Балтийского морей, Мексиканского залива, для вод Атлантического океана вблизи восточного побережья США. Впервые эти величины получены в широком интервале длин волн (380–780 нм) и в широком интервале углов рассеяния ( $0,5\text{--}178^\circ$ ). На основе данных натурных измерений впервые показано, что в диапазоне углов от  $15$  до  $30^\circ$  наблюдается локальный минимум спектральной селективности рассеяния. Этот результат также подтверждается расчетами по предлагаемой в диссертации модели оптических неоднородностей воды.

3. Впервые рассмотрен механизм рассеяния света в жидкости, обусловленный характерным для всех конденсированных систем пространственным согласованием неоднородностей, называемых в физике твердого тела линейными и планарными дефектами. Предложена гипотеза, объясняющая формирование оптических неоднородностей воды. Базовым элементом системы неоднородностей воды является оптическая квазичастица, рассеивающая свет за счет пространственно-временных корреляций в флюктуациях диэлектрической проницаемости, которые обусловлены дальним порядком межмолекулярного взаимодействия. Предложена простая математическая модель неоднородностей воды, в результате чего впервые удалось теоретически описать спектрально-угловую зависимость рассеяния света, наблюдавшуюся в «чистой» воде. Оценены параметры модели. Показано, что сформулированная гипотеза объясняет одновременно высокие значения коэффициента яркости и сверхвысокую прозрачность чистой океанской воды.

4. Для повышения точности обработки данных оптических сканеров цвета моря обоснована необходимость использования значений коэффициента яркости моря в коротковолновой области спектра. Предложены две малопараметрические модели, описывающие спектр восходящего излучения

моря. На основе двухпараметрической модели спектрального коэффициента яркости моря усовершенствован алгоритм атмосферной коррекции в задаче дистанционного зондирования Черного моря в оптическом диапазоне. Алгоритм апробирован на данных измерений оптического сканера SeaWiFS.

5. Получили дальнейшее развитие численные алгоритмы решения прямых задач оптики атмосферы и океана, ориентированные на создание малопараметрических моделей коэффициентов отражения моря и атмосферы:

#### **Практическая значимость результатов проведенных исследований.**

Разработанная в диссертации методика измерений спектрально-углового показателя рассеяния света является существенным шагом в решении проблемы эталонов рассеяния. Уточненные значения спектрально-углового показателя рассеяния частиц латекса, сусpenзий Маалокса и опорной «чистой» воды будут очень полезны при калибровке различных коммерческих приборов, измеряющих рассеяние света в жидкости. Бликовую характеристику измерителей углового показателя рассеяния можно определить с помощью фильтрованной воды или очищенной питьевой воды, не прибегая к дорогостоящему методу очистки и хранения «чистой» воды.

Результаты и выводы диссертации использовались:

- для обработки спутниковых измерений коэффициента яркости в рамках совместных проектов Национальной академии наук Украины и Космического Агентства Франции в 2004 году;
- для совершенствования методов измерения углового показателя рассеяния в рамках международных проектов с фирмой «AMPAC» (США) в 2003–2005, 2005–2007 гг. и с фирмой «Interspectrum» (Эстония) в 2011–2013 гг.;
- при исследовании оптических свойств Балтийского и Черного морей в рамках соглашения о научном сотрудничестве между Польской академией наук и Национальной академии наук Украины в 2006–2007 гг.;
- при изучении гидрофизических процессов в Черном и Балтийском морях в рамках совместных проектов Национальной академии наук Украины

и Космического Агентства Франции в 2002–2004 гг. и проекта НАТО ESP.EAP.SFPP 982678 в 2009–2012 гг.

Измерения спектрального углового показателя рассеяния несут полезную информацию об особенностях пространственного распределения неоднородностей. Эти измерения помогут отличить рассеяние на изолированных (реальных) частицах от рассеяния на пространственно коррелированных неоднородностях, что, в свою очередь, позволит избежать грубых артефактов при интерпретации экспериментальных данных.

В настоящее время оптические методы также применяются и для изучения особенностей структуры воды на масштабах, много больших расстояния между молекулами. Учет поправки к величине рассеяния света в опорной жидкости может улучшить результаты исследования структуры воды и повысить их достоверность.

Предложенные в диссертационной работе способы параметризации коэффициента яркости моря в коротковолновой области видимого диапазона позволяют построить алгоритм атмосферной коррекции, с помощью которого удается восстановить спектральный коэффициент яркости, близкий к реальному. Это, в свою очередь, повышает адекватность оценки биооптического состояния вод Черного моря. При этом значительно снижается количество потерянных данных, обусловленных нестандартными атмосферными условиями и засветкой от берега.

Главным достоинством авторских алгоритмов расчета характеристик рассеянного излучения является высокая точность результатов расчетов. Поэтому эти численные алгоритмы могут использоваться для построения электронных таблиц при решении обратных задач. Созданная автором программа расчета рассеяния и поглощения на сферических частицах применялась в Институте океанологии им П.П. Ширшова, Москва, Россия, для расчетов рассеянного в атмосфере излучения.

**Ценность научных работ соискателя.** Работы соискателя охватывают большую часть задач пассивного дистанционного зондирования моря в

оптическом диапазоне. Работы носят одновременно фундаментальный характер и опираются на обширный экспериментальный материал, полученный при непосредственном участии автора. В статьях описаны оригинальные аппаратурно-методические решения и алгоритмы, которые были реализованы в отделе оптики моря Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федеральный исследовательский центр «Морской гидрофизический институт РАН» и применялись в лабораторных и экспедиционных исследованиях.

**Специальность, которой соответствует диссертация.**

Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 25.00.28 – океанология, отрасль наук – физико-математические науки.

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

По теме диссертации опубликовано 33 научные работы. Из них: статей в периодических научных журналах – 18 [1–18]; статей в сборниках научных трудов – 8 [19–26]; тезисов в трудах научных конференций – 7 [27–33].

Требованиям ВАК при МИНОБРНАУКИ Российской Федерации удовлетворяют 26 [1–26] работ в рецензируемых российских, украинских и международных научных изданиях. В их числе 14 [1–14] работ в журналах, входящих в международные научометрические базы Web of Science [1, 4–7, 11, 13–14] и Scopus [1–13], 1 [18] работа в рецензируемом научном издании, входящем в перечень изданий ВАК при МИНОБРНАУКИ Российской Федерации, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора наук, и 11 [15–17, 19–26] работ в изданиях, соответствующих п. 10 Постановления Правительства Российской Федерации от 30 июля 2014 г. № 723 «Об особенностях присуждения ученых степеней и присвоения ученых званий лицам, признанным гражданами Российской Федерации в связи с принятием в Российскую Федерацию Республики Крым и образованием в составе

Российской Федерации новых субъектов – Республики Крым и города федерального значения Севастополя».

1. Boss E. The particulate backscattering ratio at LEO 15 and its use to study particle composition and distribution / E. Boss, W.S. Pegau, M. Lee, M. Twardowski, **E. Shybanov**, G. Korotaev, F. Baratange // Journal of Geophysical Research – Oceans. – 2004. – Volume 109, Issue C1. – C01014, doi: 10.1029/2002JC001514.
2. Korotaev, G.K. International Subsatellite Experiment on the Oceanographic Platform (Katsiveli, Crimea) / G.K. Korotaev, G.A. Khomenko, M. Shami, G.P. Berseneva, O.V. Martynov, M.E. Lee, **E.B. Shibanov**, T. Ya. Churilova, A.S. Kuznetsov, A. K. Kuklin // Physical Oceanography. – 2004. – Volume 14, Issue 3. – P. 150–160. doi: 10.1023/B:POCE.0000048897.71456.44. (Перевод из: Коротаев Г.К. Международный подспутниковый эксперимент на океанографической платформе (пос. Кацивели) / Г.К. Коротаев, Г.А. Хоменко, М. Шами, Г.П. Берсенева, О.В. Мартынов, М.Е. Ли, **Е.Б. Шибанов**, Т.Я. Чурилова, А.С. Кузнецов, А.К. Куклин // Морской гидрофизический журнал. – 2004. – №3. – С. 28–38.).
3. **Shibnov E.B.** Numerical method for the solution of the equation of radiation transfer. Reflection and transmission coefficients for an optically thin plane-parallel layer / **E.B. Shibanov** // Physical Oceanography. – 2005. – V. 15, Issue 3. – P. 192–202. doi: 10.1007/s11110-005-0041-2. (Перевод из: **Шибанов Е.Б.** Численный метод решения уравнения переноса излучения. Коэффициенты отражения и пропускания оптически тонкого плоскопараллельного слоя / **Е.Б. Шибанов** // Морской гидрофизический журнал. – 2005. – №3. – С. 62–72.).
4. Chami M. Optical properties of the particles in the Crimea coastal waters (Black Sea) / M. Chami, **E.B. Shybanov**, T.Y. Churilova, G.A. Khomenko, M.E. Lee, O.V. Martynov , G.P. Berseneva, G.K. Korotaev // Journal of Geophysical Research – Oceans. – 2005. – Volume 110, Issue C11. – C11020. doi: 10.1029/2005JC003008.

5. Chami M. Spectral variation of the volume scattering function measured over the full range of scattering angles in a coastal environment / M. Chami, **E.B. Shybanov**, G.A. Khomenko, M.E. Lee, O.V. Martynov, G.K. Korotaev // Applied Optics. – 2006. – Volume 45, Issue 15. – P. 3605–3619. doi: 10.1364/AO.45.003605.
6. Freda W. Measurements of Scattering Function of Sea Water in Southern Baltic / W. Freda, T. Król1, O.V. Martynov, **E.B. Shybanov**, R. Hapter // European Physical Journal: Special Topics. – 2007. – Volume 144, Issue 1. – P. 147–154. doi: 10.1140/epjst/e2007-00119-6.
7. Berthon J-F. Measurements and Modeling of the Volume Scattering Function in the Coastal Northern Adriatic Sea / J-F. Berthon, **E. Shybanov**, M. Lee, G. Zibordi // Applied Optics. – 2007. – Volume 46, Issue 22. – P. 5189–5203. doi: 10.1364/AO.46.005189.
8. **Shibanov E.B.** Retrieving of the biooptical characteristics of Black-Sea waters under the conditions of constant reflectance at a wavelength of 400 nm / **E.B. Shibanov**, E.N. Korchemkina, // Physical Oceanography. – 2008. – Volume 18, Issue 1. – P. 25–37. doi: 10.1007/s11110-008-9007-5. (Перевод из: **Шибанов Е.Б.** Восстановление биооптических характеристик вод Черного моря при условии постоянства коэффициента яркости на длине волны 400 нм / **Е.Б. Шибанов**, Е.Н. Корчемкина // Морской гидрофизический журнал. – 2008. – №1. – С. 38–50.).
9. **Shybanov E.B.** Effect of finely divided admixtures on the scattering of light in “pure” filtered water / **E.B. Shybanov** // Physical Oceanography. – 2008. – Volume 18, Issue 2. – P. 86–95. doi: 10.1007/s11110-008-9012-8. (Перевод из: **Шибанов Е.Б.** Влияние мелкодисперсной примеси на рассеяние света в «чистой» фильтрованной воде / **Е.Б. Шибанов** // Морской гидрофизический журнал. – 2008. – №2. – С. 46–56.).
10. Man'kovskii V.I. Optical characteristics of coastal waters and atmosphere near the south coast of the crimea at the end of summer 2008 / V.I. Man'kovskii, G.A. Tolkachenko, **E.B. Shibanov**, O.V. Martynov, E.N. Korchemkina,

- D.V. Yakovleva, I.A. Kalinskii // Physical Oceanography. – 2010. – Volume 20, Issue 3. – P. 207–230. doi: 10.1007/s11110-010-9079-x. (Перевод из: Маньковский В.И. Оптические характеристики прибрежных вод и атмосферы в районе Южного берега Крыма в конце летнего сезона 2008 года/ В.И. Маньковский, Г.А. Толкаченко, **Е.Б. Шибанов**, О.В. Мартынов, Е.Н. Корчемкина, Д.В. Яковлева, И.А. Калинский // Морской гидрофизический журнал. – 2010. – №3. – С. 52–74.).
11. **Shybanov E.B.** Hypothesis of the spatial adjustment of optical inhomogeneities of water and its confirmation through experiments on measurements of light scattering / **E.B. Shybanov**, J.F. Berthon, M.E. Lee, G. Zibordi // JETP Letters. – 2010. – Volume 92, Issue 10. – P. 671 – 675. doi: 10.1134/S0021364010220078.
  12. **Shybanov E.B.** Intensification of light scattering as a result of mixing of pure waters with different densities / **E.B. Shybanov**, J.F. Berthon, M.E. Lee, G. Zibordi // Physical Oceanography. – 2011. – Volume 21, Issue 4. – P. 254–260. doi: 10.1007/s11110-011-9120-8. (Перевод из: **Шибанов Е.Б.** Увеличение рассеяния света при смешивании чистых вод различной плотности / **Е.Б. Шибанов**, Ж.-Ф. Бертон, М.Е. Ли, Дж. Зиборди // Морской гидрофизический журнал. – 2011. – №4. – С. 36–42).
  13. D'Alimonte D. Regression of in-water radiometric profile data / D. D'Alimonte, **E.B. Shybanov**, G. Zibordi, T. Kajiyama // Optics Express. – 2013. – Volume 21, Issue 23. – P. 27707–27733. doi: 10.1364/OE.21.027707.
  14. Lee M.E. Determination of the Concentration of Seawater Components Based on Upwelling Radiation Spectrum / M.E. Lee, **E.B. Shybanov**, E.N. Korchemkina, O.V. Martynov // Physical Oceanography. – 2015. – Issue 6. – P. 15–30. doi: 10.22449/1573-160X-2015-6-15-30. (Перевод из: Ли М.Е. Определение концентрации примесей в морской воде по спектру яркости восходящего излучения / М.Е. Ли, **Е.Б. Шибанов**, Е.Н. Корчемкина, О.В. Мартынов // Морской гидрофизический журнал. – 2015. – №6. – С. 17–33.).

15. Ли М.Е. Спектральная прозрачность атмосферы над Черным морем / М.Е. Ли, **Е.Б. Шибанов**, В.Г. Любарцев // Морской гидрофизический журнал. – 2000. – № 4. – С. 46–68.
16. **Шибанов Е.Б.** Численный метод решения уравнения переноса излучения. Основные принципы и формулы / **Е.Б. Шибанов** // Морской гидрофизический журнал. – 2005. – №2. – С. 37–45.
17. **Шибанов Е.Б.** Стабильный и быстрый способ вычисления функций Бесселя в задаче расчета рассеяния света на частицах со сферической симметрией / **Е.Б. Шибанов** // Морской гидрофизический журнал. – 2007. - № 2. – С. 71–80.
18. Корчемкина Е.Н. Усовершенствование методики атмосферной коррекции для дистанционных исследований прибрежных вод Черного моря / Е.Н. Корчемкина, **Е.Б. Шибанов**, М.Е. Ли // Исследование Земли из космоса. – 2009. – №6. – С. 24 – 30.
19. Ли М.Е. Новые принципы измерения индикатрисы рассеяния в широком диапазоне углов / М.Е. Ли, О.В. Мартынов, **Е.Б. Шибанов** // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – 2003. – Вып. 8. – С. 194–211.
20. Ли М.Е. Некоторые результаты измерения индикатрисы рассеяния в широком диапазоне углов в искусственных средах и природных водах / М.Е. Ли, О.В. Мартынов, **Е.Б. Шибанов** // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – 2003. – Вып. 9. – С. 216–225.
21. **Шибанов Е.Б.** Региональный аналитический алгоритм восстановления первичных гидрооптических характеристик морской воды по данным коэффициента яркости / **Е.Б. Шибанов**, Е.Н. Корчёмина // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – 2007. – Вып. 15. – С. 397–404.
22. Корчёмина Е.Н. Региональный аналитический алгоритм восстановления первичных гидрооптических характеристик морской воды по данным

- коэффициента яркости / Е.Н. Корчёмкина, **Е.Б. Шибанов** // Радиофизика и электроника. – 2008. – 13, №2. – С. 256–262.
23. Домнич М.Н., **Шибанов Е.Б.** Исследование атмосферного аэрозоля в прибрежной зоне Черного моря по результатам наземных измерений 1989–1990 и 2006–2007 гг. // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – 2008. – Вып. 17. – С. 298–302.
24. **Шибанов Е.Б.** Влияние структурных неоднородностей воды на рассеяние света / **Е.Б. Шибанов** // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – 2009. – Вып. 20. – С. 139–144.
25. **Шибанов Е.Б.** Учет структурной неоднородности воды при расчете световых полей в море / **Е.Б. Шибанов** // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – 2010. – Вып. 21. – С. 188–196.
26. **Шибанов Е.Б.** Влияние статистически неравновесных процессов на оптические свойства аэрозоля над морем / **Е.Б. Шибанов** // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа – 2010. – Вып. 23. – С. 70–74.
27. **Shybanov E.B.** Distinctive features of light scattering in pure waters / **E.B. Shybanov**, M.E. Lee // Current Problems in Optics of Natural Waters: International Conference, Sept. 8–12, 2003: proceedings. – Saint-Petersburg, 2003. – P. 297–301.
28. **Shybanov E.B.** Physical reason for existence of fractal structures in water / **E.B. Shybanov** // Current problems in optics of natural waters: International Conference, Sept. 11–15, 2007: proceedings. – Nizhny Novgorod, 2007. – P. 41–45.
29. **Shybanov E.B.** Light scattering on the spherical particles with a thin light absorbing film / **E.B. Shybanov** // Current problems in optics of natural waters:

International Conference, Sept. 6–9, 2011: proceedings. – Saint-Petersburg, 2009. – P. 103–106.

30. **Shybanov E.B.** Light scattering properties of seawater in the central and north-west part of the Black sea / **E.B. Shybanov**, M. E. Lee // Current problems in optics of natural waters: International Conference, Sept.10–14, 2013: proceedings. – Saint-Petersburg, 2013. – P. 31–35.
31. Ли М.Е. Совершенствование методов измерения спектрально-углового показателя рассеяния света морской водой / М.Е. Ли, О.В. Мартынов, **Е.Б. Шибанов** // Современные проблемы оптики естественных сред (ONW–2015): сб. тр. 8 науч. конф. – Санкт-Петербург. – 2015. – С. 262–267.
32. **Shybanov E.B.** Light fields in the clear natural water as an evidence of own water heterogeneity / **E.B. Shybanov** // Proc. SPIE 10035, 22nd International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics, 100352A (November 29, 2016); doi:10.1117/12.2249351.
33. **Shybanov E.B.** Physical model of optical inhomogeneities of water / **E.B. Shybanov** // Proc. SPIE 10466, 23rd International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics, 1046647 (November 30, 2017); doi:10.1117/12.2288279.

Цитирования материалов и отдельных результатов других авторов в диссертации оформлены соответствующим образом.

Диссертация «Оптические неоднородности морской воды и атмосферы над морем», выполненная Шибановым Евгением Борисовичем, рекомендуется к защите на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 25.00.28 – океанология.

Заключение принято на заседании Общенинститутского научного семинара Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федеральный исследовательский центр «Морской гидрофизический институт РАН».

Присутствовало на заседании 20 членов Общенинститутского научного семинара. Результаты голосования: «за» 20 – человек, «против» 0 – человек, «воздержалось» 0 – человек, протокол № 9 от 25 сентября 2019 г.

Заместитель председателя  
Общеинститутского научного семинара  
Федерального государственного бюджетного  
учреждения науки Федеральный исследовательский центр  
«Морской гидрофизический институт РАН»,  
доктор физико-математических наук,  
главный научный сотрудник отдела теории волн

С.Г. Демышев



Ученый секретарь  
Общеинститутского научного семинара  
Федерального государственного бюджетного  
учреждения науки Федеральный исследовательский центр  
«Морской гидрофизический институт РАН»,  
кандидат физико-математических наук,  
ученый секретарь

Д.В. Алексеев

