

ГИДРООПТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ИНСТИТУТЕ ОКЕАНОЛОГИИ РАН: К 60-ЛЕТИЮ ЛАБОРАТОРИИ ОПТИКИ ОКЕАНА И 70-ЛЕТИЮ С НАЧАЛА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Д. И. Глуховец^{1,2}, Ю. А. Гольдин¹

¹ Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН,
Россия, 117997, Москва, Нахимовский проспект, д. 36;

² Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет),
Россия, 141701, г. Долгопрудный, Институтский переулок, д. 9,
e-mail: glukhovets@ocean.ru

Статья посвящена истории гидрооптических исследований, проводившихся в Лаборатории оптики океана Института океанологии им. П. П. Ширшова РАН. Представлен обзор основных результатов, полученных за 70 лет гидрооптических исследований в Институте. Рассмотрено современное состояние выполняющихся в Лаборатории исследований.

Ключевые слова: оптика океана, гидрооптические характеристики, световое поле, аппаратурный комплекс, специализированные рейсы, дистанционное зондирование океана

Организация Лаборатории. Заведующие

Лаборатория гидрооптики (с 1989 г. Лаборатория оптики океана) была организована в Институте Океанологии (ИО) АН СССР в соответствии с Приказом № 380 директора Института В. Г. Корта от 27 ноября 1964 г. (рисунок 1). Создание Лаборатории стало следствием активно и плодотворно развивавшегося под руководством Михаила Владимировича Козлянинова направления гидрооптики. Фактически исследования по гидрооптике начались в ИО в 1955 г. с его приходом. Таким образом, в 2024 г. исполнилось 60 лет со дня создания Лаборатории, а в 2025 г. исполняется 70 лет с начала проведения гидрооптических исследований в Институте.

Заведующим Лаборатории гидрооптики был назначен М. В. Козлянинов (1920–1989 гг.), выпускник Географического факультета Ленинградского государственного университета (1941 г.), участник Великой отечественной войны (Копелевич, 2020). С 1942 по 1944 гг. он был помощником командира, а затем командиром сторожевого катера. Участвовал в боевых действиях в районе Новороссийска, дважды был ранен, награжден Орденом Отечественной войны II степени. После войны проходил службу в Констанце (Румыния). Там произошла его встреча с одним из основоположников советской гидрооптики А. А. Гершуном, который привлек М. В. Козлянинова к проведению оптических исследований морской воды. А. А. Гершун высоко оценил работу

М. В. Козлянинова и рекомендовал ему заняться наукой. После демобилизации в 1947 г. М. В. Козлянинов поступил в аспирантуру Ленинградского государственного университета. В 1955 г. Михаил Владимирович защитил кандидатскую диссертацию по гидрооптике. В том же году он поступил на работу в Институт океанологии, в 1959 г. возглавил созданный им Кабинет гидрооптических характеристик, а в 1964 г. – Лабораторию гидрооптики. Он одним из первых исследовал связь между распределением оптических характеристик в океане и океанологическими факторами. В августе 1968 г., по личной просьбе, М. В. Козлянинов по состоянию здоровья был освобожден от обязанностей заведующего Лабораторией. При этом он продолжил работу в Лаборатории в должности старшего научного сотрудника. В 1986 г. М. В. Козлянинов защитил докторскую диссертацию в области гидрооптики.

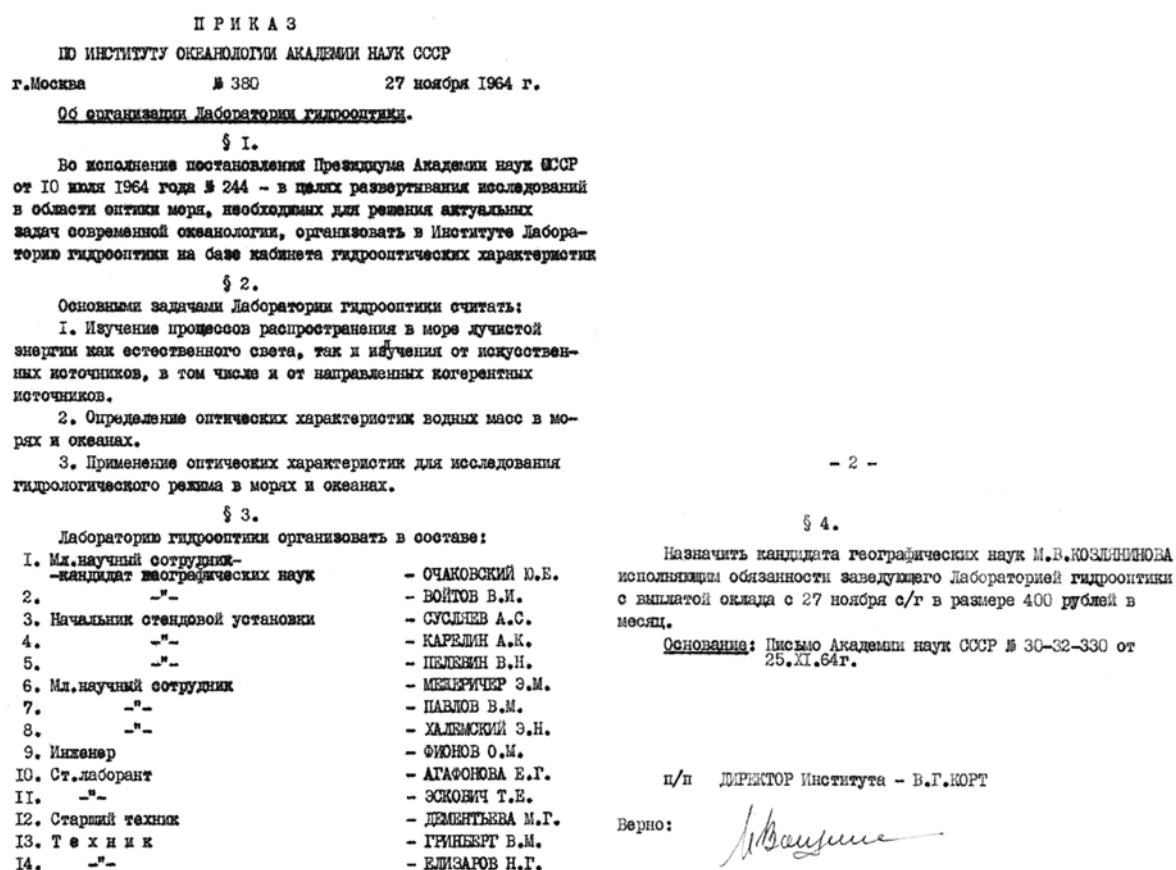


Рис. 1 – Приказ о создании Лаборатории гидрооптики

За 60 лет существования Лаборатории в ней сменилось несколько заведующих (Ученые..., 2006). В июле 1969 г. исследования Лаборатории возглавил д.ф.-м.н. профессор К. С. Шифрин (1918–2011 гг.) – крупный специалист в области оптики рассеивающих сред (Копелевич, 2018). Его главные научные интересы в ИО включали в себя оптику атмосферы над океаном, океанской воды и морской поверхности. В 1973 г. К. С. Шифриным была создана Рабочая группа по оптике океана Комиссии АН СССР по проблемам Мирового океана. Группа провела 11 пленумов, в которых приняли

участие гидрооптики всего СССР. К. С. Шифрин стал инициатором и руководителем разработки в СССР (с 1972 г.) метода дистанционного определения концентрации хлорофилла (Шифрин и др., 1974).

С 1978 по 1989 гг. Лабораторию возглавлял д.т.н. Б. Ф. Кельбалиханов (1927–2010 гг.). Основное направление его научной деятельности – исследования пространственно-временной изменчивости гидрооптических полей под воздействием гидродинамических процессов. Б. Ф. Кельбалиханов внес значительный вклад в разработку гидрооптических приборов нового поколения (Ученые..., 2006).

Д.ф.-м.н. О. В. Копелевич (1940–2020 гг.) руководил Лабораторией более 30 лет – с 1989 по 2020 гг. (Гольдин, Глуховец, 2020; Глуховец, Гольдин, 2022). Олег Викторович плодотворно работал в разных разделах оптики океана: занимался исследованием светорассеяния в морской воде и вопросами дистанционного зондирования морской воды из космоса. Он внес большой вклад в разработку спутниковых методов исследования океана, в первую очередь, в создание и совершенствование региональных биооптических алгоритмов.

После кончины О. В. Копелевича в декабре 2020 г. на должность заведующего Лабораторией был единогласно избран его ученик – к.ф.-м.н. Д. И. Глуховец (1993 г. р.). Он пришел в Лабораторию в 2013 г., будучи студентом 3 курса МФТИ, и активно включился в работу. В 2019 г. защитил кандидатскую диссертацию. Основное направление работ Д. И. Глуховца связано с исследованием процессов формирования и причин изменчивости биооптических характеристик морской воды по судовым и спутниковым данным с использованием оригинальных региональных алгоритмов. Д. И. Глуховец – лауреат премий РАН (2022 г.) и Правительства Москвы (2024 г.) для молодых ученых, получатель стипендии Русского географического общества (2022 г.).

Основные направления исследований

Сформулированные в Приказе об организации Лаборатории задачи имели фундаментальную направленность (Копелевич, 2020):

1. Изучение процессов распространения в море лучистой энергии как естественного света, так и излучения от искусственных источников, в том числе и от направленных когерентных источников.
2. Определение оптических характеристик водных масс в морях и океанах.
3. Применение оптических характеристик для исследования гидрологического режима в морях и океанах.

В перечень задач включаются физическое и географическое направления. Задачи сохранили актуальность до настоящего времени (Glukhovets, 2023). В результате последующего развития гидрооптики добавились задачи, связанные с разработкой и применением дистанционных методов исследования океана, – пассивных (спутниковые сканеры света) и активных (лидарное зондирование и радиолокационная съемка).

Первоначальный состав Лаборатории соответствовал ее задачам. В него вошли удачно дополнявшие друг друга специалисты разных направлений. Географическое направление представляли к.г.н. Ю. Е. Очаковский, к.г.н. В. И. Войтов, В. М. Павлов и Э. Н. Халемский. Разработкой новой аппаратуры занимались высококлассные специалисты – А. К. Карелин и А. С. Суляев; калибровкой аппаратуры – выпускница физфака МГУ Э. М. Межеричер. Физическое направление возглавил талантливый ученый В. Н. Пелевин (в будущем д.ф.-м.н.). В 1965 г. это направление усилил выпускник Физтеха, будущий д.ф.-м.н. О. В. Копелевич.

Направления работ и основные достижения в 1960–1980-х гг.

На всем протяжении функционирования Лаборатории в основе ее научной деятельности лежали натурные измерения в различных акваториях Мирового океана (Копелевич, Гольдин, 2005). Поэтому первостепенной задачей было создание комплекса аппаратуры для проведения экспедиционных измерений гидрооптических характеристик, включая параметры световых полей. Следующей задачей была разработка руководства по проведению таких измерений. Значительная часть исследований выполнялась на базе Черноморской экспериментальной научно-исследовательской станции (ЧЭНИС). Гидрооптические работы проводились и в других акваториях, например, в Японском море (1956 г., рук. М. В. Козлянинов). Важнейшее значение для развития оптики океана имели специализированные рейсы, обеспечивающие комплексность исследований. До начала 90-х годов было выполнено 12 специализированных гидрооптических экспедиций (таблица 1). Это свидетельствует о важности вклада результатов Лаборатории оптики океана в деятельность Института.

Особо следует выделить 5-й рейс НИС «Дмитрий Менделеев» в январе–мае 1971 г., маршрут которого проходил через Атлантический и Тихий океаны. В оптическую программу рейса были включены два главных направления: оптические свойства вод океанов и их связь с факторами среды; световые поля в океане от естественных и искусственных источников света и их зависимость от оптических свойств воды. Кроме того, проводились обширные сопутствующие измерения характеристик атмосферного аэрозоля, морской взвеси, растворенной органики, пигментов фитопланктона, гидрологических параметров и скорости течений. Такой комплекс наблюдений был осуществлен впервые в мире. Создание в 60-х годах короткоимпульсных лазеров привело к возникновению в гидрооптике новой области исследований – изучение закономерностей формирования нестационарного подводного светового поля и исследование возможностей лазерного зондирования водной среды. Работы в этом направлении впервые были проведены в 5-м рейсе НИС «Дмитрий Менделеев». Комплексные исследования по схожей программе были продолжены в 10-м рейсе НИС «Дмитрий Менделеев» в Индийском океане. По результатам этих экспедиций было опубликовано две монографии (Монин, Шифрин, 1974; Бреховских, Шифрин, 1975).

Табл. 1 – Специализированные гидрооптические экспедиции (Кузнецов, Нейман, 2005)

№	Судно, рейс	Начальник экспедиции	Район работ	Сроки
1	НИС «Академик С. Вавилов», 7-й рейс	Ю. Е. Очаковский	Средиземное море	09.03.64–23.05.64 (75 суток)
2	НИС «Академик С. Вавилов», 11-й рейс	В. И. Войтов	Средиземное море	05.05.66–12.07.66 (68 суток)
3	НИС «Академик С. Вавилов», 12-й рейс	В. М. Павлов	Средиземное море	16.10.66–30.12.66 (75 суток)
4	НИС «Дмитрий Менделеев», 5-й рейс	А. С. Монин, руководитель гидрооптической программы – К. С. Шифрин	Атлантический и Тихий океаны	20.01.71–12.05.71 (113 суток)
5	НИС «Дмитрий Менделеев», 10-й рейс	В. И. Войтов	Индийский океан	27.06.73–10.10.73 (105 суток)
6	НИС «Витязь» (III), 61-й рейс	В. И. Войтов	Индийский океан	7.03.77–05.07.77 (120 суток)
7	НИС «Витязь» (IV), 3-й рейс	Б. Ф. Кельбалиханов	Индийский океан	24.08.82–01.11.82 (69 суток)
8	НИС «Дмитрий Менделеев», 33-й рейс	Б. Ф. Кельбалиханов	Тихий океан	03.10.84–24.11.84 (52 суток)
9	НИС «Дмитрий Менделеев», 36-й рейс	В. П. Николаев	Тихий океан	26.10.85–09.01.86 (75 суток)
10	НИС «Рифт», 9-й рейс	В. П. Николаев	Средиземное море	10.08.86–24.09.86 (45 суток)
11	НИС «Дмитрий Менделеев», 39-й рейс	В. И. Войтов	Тихий океан	16.05.87–10.08.87 (87 суток)
12	НИС «Академик Курчатов», 49-й рейс	О. В. Копелевич	Атлантический океан, Средиземное и Черное моря	11.06.88–03.10.88 (114 суток)
13	РПС «Ихтиандр», 3-й рейс	О. В. Копелевич	Средиземное море, Восточная Атлантика	29.11.89–05.02.90 (68 суток)
14	НИС «Акванавт», 9-й рейс	О. В. Копелевич	Черное и Эгейское моря	06.10.97–24.10.97 (18 суток)

Важные результаты были получены также сотрудниками отдельных оптических отрядов, входивших в состав биологических, геологических и гидрофизических рейсов. Здесь интересно отметить 9-й рейс НИС «Профессор Штокман» (1983 г.), отличающийся необычным объектом исследований. Сотрудники Лаборатории (О. В. Копелевич, О. М. Фионов и А. Н. Храпко) впервые выполнили оптические исследования вод Амазонки и ее притоков (Монин, Копелевич, 1983). Данные оптических измерений в эстуарии Амазонки позволили составить достаточно полную картину распространения и трансформации взвешенного вещества, выносимого Амазонкой в прилегающий район Атлантического океана.

Оптические исследования проводились также в 80-е годы в прибрежных летно-морских экспедициях в водах Черного, Азовского и Балтийского морей (Б. Ф. Кельбалиханов, В. Н. Пелевин, А. И. Судьбин). На борту вертолета устанавливался

комплекс аппаратуры для выполнения лазерного зондирования и спектрофотометрирования, позволивший зарегистрировать мезомасштабную изменчивость гидрооптических характеристик вод поверхностного слоя (Пелевин и др., 1979).

Традиционно в деятельности Лаборатории большое место занимали спецработы, выполнявшиеся по договорам с ВМФ и промышленными институтами. Основные проблемы, которые вызывали практический интерес, – обнаружение и маскировка подводных объектов, пространственно-временная изменчивость гидрооптических полей под воздействием гидродинамических процессов, видимость под водой, использование подводной фотоаппаратуры. В результате работ, выполненных в 60-е годы, было показано, что для оптимальной маскировки погруженные объекты должны быть окрашены в черный цвет (М. В. Козлянинов). В 70–80-е годы Лаборатория выполняла цикл работ, направленных на создание совместно с промышленными институтами открытой лазерной линии связи «космический аппарат – погруженный объект» (Ю. А. Гольдин, В. Н. Пелевин, А. К. Захаров, С. В. Ващенко). Такая связь имеет важное практическое значение, поскольку только световое излучение (в отличие, например, от акустических сигналов) с малыми потерями проходит через атмосферу, поверхность раздела «воздух–вода» и может проникать на достаточно большие глубины. В рамках проведения этих исследований, по инициативе А. И. Судьбина, были осуществлены исследования трансформации подводного тела яркости с глубиной с ПОА «Аргус» (2 погружения на Черном море, НИС «Рифт», 1985 г., В. А. Артемьев) и «Пайсис» (4 погружения в Филиппинском море, 36-й рейс НИС «Дмитрий Менделеев», 1985 г., В. А. Артемьев, и Ю. И. Венцкун). В 1987 г. в Тихом океане был выполнен подспутниковый эксперимент с участием НИС «Дмитрий Менделеев», который на практике подтвердил возможность установления связи между космическим аппаратом и погруженным объектом. Лазерный сигнал, посланный с космического аппарата, был зарегистрирован на глубине 80 м посредством фотоприемника, опущенного с борта судна (Гольдин, Тынянкин, 2013).

Лаборатория оптики океана имеет богатую историю международного сотрудничества. Оно началось за месяц до ее создания: в октябре 1964 г. в Москве состоялось совещание Рабочей группы по фотосинтетической радиации в море (Очаковский и др., 1970). Группа была создана по инициативе ЮНЕСКО, Научного комитета по океанографическим исследованиям и Международной ассоциации физической океанографии. В ее состав вошли известные специалисты по оптике моря: Н. Ерлов (Швеция), А. А. Иванов (Франция) и Дж. Тайлер (США). СССР представлял Ю. Е. Очаковский. В мае 1968 г. члены Рабочей группы выполнили интеркалибровку аппаратуры в Калифорнийском заливе. Регулярные встречи Рабочей группы и проведение совместных измерений, в которых участвовали Ю. Е. Очаковский и А. С. Суслиев, продолжались в 70-е годы.

О. В. Копелевич начал заниматься вопросами, связанными с использованием спутниковых сканеров цвета на самом раннем этапе их развития. В 1976–1978 гг. он принял активное участие в разработке алгоритмов обработки данных спутникового многоканального спектрометра МКС, создаваемого специалистами Института

электроники АН ГДР в рамках программы «Интеркосмос». В то время спутниковые сканеры цвета океана еще не были запущены на орбиту (первый спутниковый сканер цвета CZCS начал функционировать лишь в октябре 1978 г.). Натурные испытания разработанных алгоритмов были проведены на Черном море.

К основным достижениям сотрудников Лаборатории, полученным в 60–80-е годы, следует отнести:

- Создание одного из первых в мире комплексов аппаратуры для измерения оптических характеристик морской воды и параметров световых полей, формирующихся от естественных и искусственных источников излучения, и соответствующей методологии оптических измерений в море (Козлянинов, 1961) (М. В. Козлянинов, В. И. Буренков, Ю. И. Венцкут, М. И. Вортман, Ю. А. Гольдин, Г. С. Карабашев, Б. Ф. Кельбалиханов, О. В. Копелевич, В. Н. Пелевин).

- Разработку и внедрение ГОСТов, терминов и определений: «Световое поле в водной среде» (ГОСТ 19209-73) и «Гидрооптические характеристики» (ГОСТ 19210-73) (М. В. Козлянинов, Э. М. Межеричер).

- Организацию и проведение 12 специализированных гидрооптических рейсов на больших судах (1964–1988 гг.), обеспечивших получение уникального массива данных о гидрооптических характеристиках Мирового океана и световых полях.

- Разработку теории рассеяния света частицами морской взвеси. Основанные на ней методы решения обратной задачи рассеяния используются для определения количественного и качественного состава морской взвеси (Шифрин К. С., Копелевич О. В., Буренков В. И.).

- Обобщение экспериментальных данных об оптических свойствах морской воды, разработку всемирно известной малопараметрической модели первичных оптических характеристик морской воды, выделение четырех типов индикатрис рассеяния (О. В. Копелевич).

- Получение основных представлений о пространственно-временной изменчивости оптических характеристик: крупномасштабной (В. И. Войтов), мезо- и мелкомасштабной (В. И. Буренков).

- Построение общей картины световых полей в океане от естественных и искусственных источников излучения (В. Н. Пелевин).

- Формулировку на основе результатов экспериментальных и теоретических исследований основных закономерностей формирования флуктуаций подводного естественного светового поля, обусловленных поверхностным волнением (А. И. Судьбин).

- Выявление основных закономерностей формирования нестационарного светового поля, возникающего при распространении в толще морской воды короткого узконаправленного лазерного импульса (Гольдин и др., 1981) (Ю. А. Гольдин, В. Н. Пелевин).

- Определение мезомасштабной пространственной изменчивости оптических характеристик с помощью лидара (Ю. А. Гольдин, Б. А. Гуреев).

- Обобщение и систематизацию результатов экспериментальных исследований флуоресценции морской воды, выполненных в различных акваториях Мирового

Океана, а также методах ее измерения и возможностях практического использования (Г. С. Карабашев).

- Разработку и испытание лидарного судового сканирующего комплекса для определения характеристик поверхностного волнения (С. А. Свиридов и М. И. Вортман). Комплекс предназначался для строящихся в Финляндии акустических судов «Академик Сергей Вавилов» и «Академик Иоффе» (Sviridov, 1990, 1993; Sviridov, Sudbin, 1993).

Направления работ и основные достижения с 1990-х по настоящее время

С начала 1990-х годов тематика работы Лаборатории существенно изменилась. Это связано с развитием спутниковых методов исследования океана. Кроме того, изменились условия работы: практически прекратились океанские рейсы, сотрудничество по спецзаказам, значительно сократилось финансирование. В этот период на первое место вышли исследования, направленные на проведение подспутниковых измерений, анализ и обработку данных спутниковых сканеров цвета, их валидацию по данным подспутниковых измерений, разработку и модификацию региональных биооптических алгоритмов. В те же годы исследование нестационарных световых полей сменилось развитием лидарных методов исследования подповерхностного слоя океана (Vasilkov et al., 2001). Разработан бортовой сканирующий лидар (М. И. Вортман, В. Р. Таскаев), предназначенный для измерения уклонов морского волнения (Sviridov, Sterlyagov, 1994).

Значительно изменилось направление современной экспедиционной деятельности. Работы в основном стали проводиться в малоизученных в оптическом отношении арктических морях России. При этом практически во всех биологических и геологических рейсах Института в Карское и Баренцево моря, а также море Лаптевых, сохранилось участие оптических отрядов (с 1993 г. по настоящее время). Кроме того, оптические отряды участвовали в трансатлантических рейсах НИС «Академик Иоффе» и «Академик Сергей Вавилов» (2001–2008 гг.), а также НИС «Академик Мстислав Келдыш» (2019–2020 гг.). По данным, полученным в этих экспедициях, опубликован ряд работ (Гольдин и др., 2008; Копелевич и др., 2008; Glukhovets et al., 2021). Уже в первых рейсах были внедрены современные технологии. Во время 17-го рейса НИС «Академик Сергей Вавилов» (2003 г.) посредством терминала спутниковой связи впервые оперативно осуществлялась передача на судно ИО РАН спутниковой информации, подготовленной в Лаборатории оптики океана. Ежедневные и осредненные недельные карты распределения температуры поверхности океана, концентрации хлорофилла и аэрозольной оптической толщины по данным спутниковых сканеров цвета загружались на судовой компьютер в ежедневные сеансы связи. Получаемая на судне информация позволяла оперативно планировать работу.

С приходом А. В. Григорьева (1993 г.) началась эпоха «цифровизации» – информация со всех приборов оцифровывалась и сохранялась на твердотельных носителях,

либо передавалась в цифровом виде в реальном времени на лабораторные регистраторы, где проводилась их последующая обработка. Несмотря на значительное снижение финансирования, появилась возможность приобретения современного импортного оборудования и комплектующих, что позволило существенно обновить парк измерительных приборов. Были приобретены датчики ФАР LI-COR (США) для палубных и подводных измерений, спектрорадиометры BIC (США), гиперспектральные радиометры RAMSES (Германия), появилась возможность приобретения современных оптических компонентов, интегральных спектральных высокостабильных фотоприемников и источников света на основе светодиодов и твердотельных лазеров. Это позволило создать ряд современных компактных, надежных измерителей оптических характеристик: флуоресценции пигментов фитопланктона и окрашенного растворенного органического вещества, спектральных параметров падающей на поверхность и подводной облученностей, первичных гидрооптических характеристик. На основе импортных оптических датчиков были созданы автономные зондирующие комплексы «ИСЗ» (BIC) и «ИФАР-1» (LI-COR), что позволило существенно улучшить технические характеристики прототипов, а, главное, сократить время заборных работ. На современной элементной базе была разработана оригинальная оптическая схема (запатентована в 2006 г.) и изготовлена серия компактных прозрачномеров ПУМ, ПУМ-А, ПУМ-200.

Отметим также две экспедиции НИС «Академик Мстислав Келдыш», в которых выполнялись попутные измерения по гидрооптическим программам по маршруту Калининград–Архангельск: 65-й рейс (рук. О. В. Копелевич, 2016 г.) и 1 этап 83-го рейса (рук. Д. И. Глуховец, 2021 г.). В эти же годы совместно с сотрудниками Лаборатории оптики океана и атмосферы СПбФ ИО РАН проводится судовая и авиационная лидарная съемка морских акваторий (Глухов, Гольдин, 2024). В сентябре 2022 г. проведены подсамолетные гидрооптические измерения в Карском море, выполненные совместно с ИОА СО РАН (Glukhovets et al., 2023). Проводились работы по договорам с нефтяными компаниями. Например, в 2006–2007 гг. сотрудниками Лаборатории разрабатывалась система мониторинга нефтяных загрязнений, связанных с добычей и транспортировкой нефти (Лобковский и др., 2006). Разработка включала лидарное зондирование (Ю. А. Гольдин, Б. А. Гуреев), радиолокационные системы надводного и спутникового базирования (А. Ю. Иванов), а также использование спутниковых сканеров цвета (О. В. Копелевич, С. В. Шеберстов). В рамках этого дела был разработан лидар с возбуждением 266 нм.

С 2002 г. в состав Лаборатории оптики океана входит группа радиофизики океана. Группа занимается исследованиями полей радиоизлучения океана и их взаимосвязи с гидрофизическими, акустическими и оптическими полями и явлениями, а также регистрацией пленочных загрязнений морских акваторий (Ivanov et al., 2022) (С. В. Переслегин, А. Ю. Иванов, Н. В. Терлеева, С. К. Клименко).

С середины 90-х активно развивается международное сотрудничество. В 1994–1995 гг. сотрудники Лаборатории принимают участие в российско-американском проекте «Последствия возросшего ультрафиолетового облучения в Арктике»

(О. В. Копелевич, А. Н. Храпко, А. В. Григорьев, В. Р. Таскаев). В августе–сентябре 1996 г. проведен российско-американский эксперимент на базе NASA (Ю. А. Гольдин, Б. А. Гуреев, А. П. Васильков, рисунок 2). На самолете-лаборатории NASA C-130 выполнялась лидарная съемка вблизи восточного побережья США. Одновременно проводились сопутствующие измерения с борта судна (Vasilkov et al., 2001). Приоритетным направлением исследований Лаборатории в эти годы стали выполняемые в рамках международного сотрудничества работы в области спутниковых методов исследования биопродуктивности по данным о цвете океана. О. В. Копелевич входит в состав международной координационной группы по цвету океана. Лаборатория участвует в международных проектах SeaWiFS (спутниковый сканер цвета океана) и SIMBIOS (интеркалибрация и совместное использование данных от разных спутниковых датчиков для биологических и междисциплинарных исследований океана).

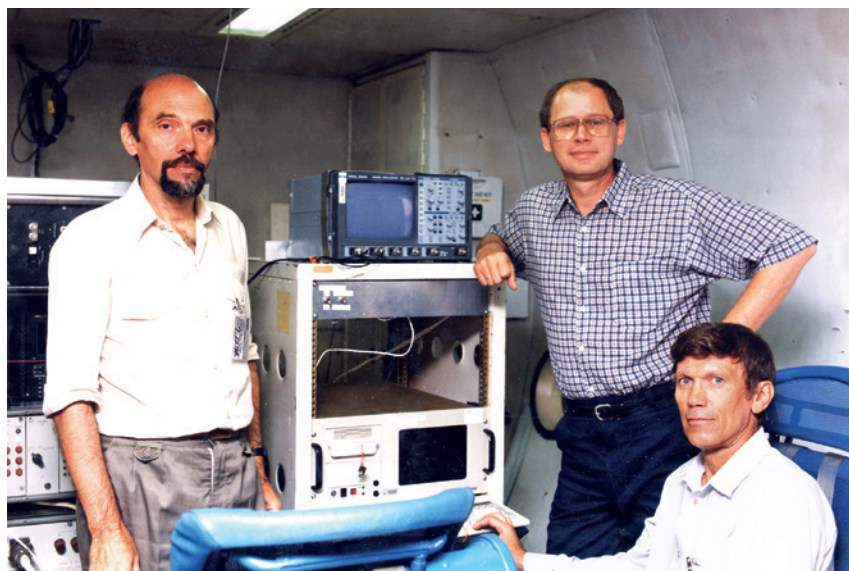


Рис. 2 – Российские участники российско-американского лидарного эксперимента (Ю. А. Гольдин, А. П. Васильков, Б. А. Гуреев), Wallops Flight Facility, 1996 г.

В тот же период организовываются совместные международные экспедиции. Выполняется совместная работа с Отделом математического моделирования Северного моря (MUMM, Бельгия), включающая участие сотрудников Лаборатории оптики океана (В. И. Буренков и В. А. Артемьев) в экспедиции на НИС «Бельгика» в апреле–мае 1998 г. (Копелевич, 2020). В марте–апреле 2001 г. О. В. Копелевич участвует в рейсе американского судна NOAA “Ronald H. Brown” в Тихом океане. В период с августа 2001 г. по июль 2002 г. выполняется работа по контракту с Институтом океанографии Скриппса (США) в антарктических рейсах (10-м и 11-м) НИС «Академик Иоффе» (А. В. Григорьев и А. Н. Храпко, рисунок 3). С 1999 г. сотрудники Лаборатории начинают участвовать в программе НАТО “Science for Peace”. В рамках этой программы проведен ряд черноморских экспедиций: в 2011 г. (Ю. И. Венцкут и В. А. Левченко), 2012 г. (Ю. И. Венцкут) на румынском НИС “Mare Nigrum” и болгарском НИС «Академик» (Гольдин и др., 2015). В. А. Артемьев участвовал в международной экспедиции

на судне “Imor” Института океанологии Польской Академии Наук (ИО РАН) в 2011 г. Кроме того, сотрудники Лаборатории участвовали в международных проектах РФФИ, выполнявшихся совместно с Норвегией (2014–2016 гг., руководитель: А. Ю. Иванов) и Индией (2019–2021 гг., руководители: О. В. Копелевич и Д. И. Глуховец).



Рис. 3 – Участники программы SIMBIOS перед началом исследований в Антарктике (Р. Фруин, О. В. Копелевич, А. Н. Храпко, А. Б. Демидов, А. В. Григорьев) на борту НИС «Академик Иоффе» в порту Бремерхафен, 6 октября 2001 г.

Сотрудники Лаборатории принимали участие в работе международных курсов по цвету океана (IOCCG Summer lecture series) как в качестве лекторов (О. В. Копелевич, 2000 г.), так и в качестве слушателей (С. В. Вазюля, 2000 г., Д. И. Глуховец, 2016 г. и Д. Н. Дерягин, 2024 г.).

К основным результатам Лаборатории, полученным на этапе с 1990-х гг. по настоящее время, следует отнести:

- Создание комплекса аппаратуры для проведения подспутниковых биооптических измерений: серии плавающих спектрорадиометров (Артемов и др., 2000), необходимых для получения спектров коэффициента яркости моря; малогабаритных прозрачномеров (Артемов и др., 2021), используемых для получения информации о стратификации гидрооптических характеристик (В. А. Артемов, В. И. Буренков, М. И. Вортман, А. В. Григорьев, В. Р. Таскаев, А. Н. Храпко); палубного спектрорадиометра (Pavlova et al., 2023) (Д. И. Глуховец, В. Д. Володин, М. А. Павлова).

- Разработку метода измерений показателя поглощения света компонентами морской воды с использованием интегрирующей сферы (Глуховец и др., 2017; Yushmanova et al., 2023). Использование полученных данных для уточнения биооптических алгоритмов (Д. И. Глуховец, О. В. Копелевич, С. В. Шеберстов, А. В. Юшманова).

- Создание и валидацию по данным многолетних судовых измерений ряда региональных биооптических алгоритмов для акваторий Баренцева, Карского, Белого, Балтийского, Черного и Каспийского морей (Копелевич и др., 2018), а также моря Лаптевых, позволивших существенно повысить точность оценки значений биооптических характеристик (О. В. Копелевич, В. И. Буренков, С. В. Шеберстов, С. В. Вазюля, Д. И. Глуховец).

- Создание регулярно обновляемого и пополняемого Атласа биооптических характеристик российских морей по данным спутниковых сканеров цвета: <https://optics.ocean.ru> (рисунок 4). Атлас содержит цветные карты среднемесячных распределений концентраций хлорофилла и взвеси, показателей рассеяния назад взвешенными частицами и поглощения окрашенным растворенным органическим веществом, температуры поверхности моря; диаграммы и таблицы, показывающие изменчивость характеристик в различных субрегионах морей. Специальное внимание уделено характеристикам кокколитофоридных цветений в Баренцевом и Черном морях (О. В. Копелевич, И. В. Салинг, В. И. Буренков, С. В. Шеберстов, С. В. Вазюля, Д. И. Глуховец). Разработку программы SMSC для обработки данных спутниковых сканеров цвета океана (Шеберстов, 2015).

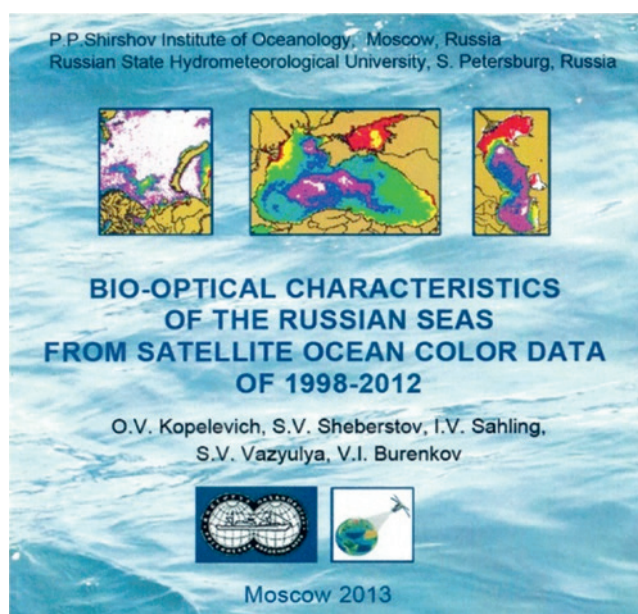


Рис. 4 – Обложка компакт-диска с седьмым выпуском Атласа биооптических характеристик морей России по данным спутниковых сканеров цвета, 2013 г.

- Разработку программных кодов для численного решения уравнения переноса излучения в системе «атмосфера–океан» методами дискретных ординат, Монте-Карло (Marinyuk et al., 2025) и матричных операторов (Pavlova, Sheberstov, 2024) (С. В. Шеберстов, М. А. Павлова).

- Создание и верификацию по данным натурных измерений комплекса алгоритмов для расчета составляющих баланса ФАР на уровне поверхности моря и оценки

объемного поглощения солнечного излучения в приповерхностном слое (Копелевич и др., 2003, 2006; Vazyulya et al., 2016).

- Разработку и создание серии судовых и авиационных поляризационных лидаров для проведения лидарной съемки морских акваторий, а также оригинальных методов обработки с целью регистрации слоев повышенного светорассеяния, дистанционного определения значений биооптических характеристик, регистрации и определения параметров внутренних волн. Первый эксперимент, продемонстрировавший эффективность поляризационных лидарных измерений для восстановления вертикальной структуры полного показателя рассеяния (Vasilkov et al., 2001), был выполнен с борта самолета-лаборатории NASA в 1996 г. (Ю. А. Гольдин, А. П. Васильков, Б. А. Гуреев).

- Создание проточного измерительного комплекса (Гольдин и др., 2020) и его внедрение в практику судовых экспедиционных исследований ИО РАН с целью получения параметров мезомасштабной изменчивости гидрооптических характеристик приповерхностного слоя морской воды (Ю. А. Гольдин, Б. А. Гуреев, Ю. И. Венцкут, Д. И. Глуховец).

- Определение основных закономерностей распространения поверхностного опресненного слоя в Карском море (Glukhovets, Goldin, 2020), а также процессов опреснения заливов Новой Земли (Glukhovets, Goldin, 2019) по результатам комплексного использования судовых и спутниковых данных (Д. И. Глуховец, Ю. А. Гольдин).

Монографии, докторские диссертации и премии

Сотрудники Лаборатории опубликовали ряд книг по гидрооптике. В 1970 г. Ю. Е. Очаковский, О. В. Копелевич и В. И. Войтов написали первую в СССР книгу о гидрооптике «Свет в море», вышедшую в научно-популярной серии издательства «Наука» (Очаковский и др., 1970). Она способствовала развитию интереса к гидрооптике и привлечению молодежи в эту отрасль науки. Книга была премирована на конкурсе издательства. Отметим также две монографии, подготовленные по результатам 5-го и 10-го рейсов НИС «Дмитрий Менделеев» (Монин, Шифрин, 1974; Бреховских, Шифрин, 1975). Накопленные к концу 70-х годов знания по различным направлениям оптики моря требовали своего обобщения. Такое обобщение было выполнено в двухтомной монографии «Оптика океана», вышедшей в 1983 г. (издательство «Наука») под научной редакцией А. С. Монины (Оптика океана, 1983. Т. 1, 2). Большинство авторов книги – сотрудники ИО РАН (В. И. Буренков, А. П. Васильков, В. И. Войтов, Ю. А. Гольдин, Г. С. Карабашев, Б. Ф. Кельбалиханов, О. В. Копелевич, Ю. Е. Очаковский, В. Н. Пелевин, А. С. Судьбин, К. С. Шифрин). Эта монография – первое полное систематизированное изложение современной оптики океана. Вышла монография К. С. Шифрина «Введение в оптику океана» (Шифрин, 1983), посвященная исследованию оптических свойств океанских вод в связи с формирующими их факторами.

Монография Г. С. Карабашева «Флюоресценция в океане», обобщившая результаты исследований по важному разделу гидрооптики, вышла в издательстве «Гидрометеоиздат» в 1987 г. (Карабашев, 1987). Итог работы, проведенной под руководством О. В. Копелевича, по использованию данных спутниковых наблюдений, выполненных современными сканерами цвета за 20 лет – с 1998 по 2017 гг., представлен в коллективной монографии (Копелевич и др., 2018).

Сотрудники Лаборатории организовали перевод и выпуск двух книг, написанных классиками гидрооптики: «Введение в океанографию» (Иванов, 1978), редакторы Ю. Е. Очаковский и К. С. Шифрин; «Оптика моря» (Ерлов, 1980), редакторы Г. Г. Неймин и Ю. Е. Очаковский.

За время существования Лаборатории было защищено пять докторских диссертаций: В. Н. Пелевин (1979 г.), Б. Ф. Кельбалиханов (1980 г.), Г. С. Карабашев (1981 г.), О. В. Копелевич (1982 г.) и М. В. Козлянинов (1986 г.). Руководитель инженерной группы Лаборатории О. М. Фионов был награжден орденом «Знак Почета» Указом Президиума Верховного Совета СССР. Разработка открытой лазерной линии связи «космический аппарат – погруженный объект» была отмечена премией Совета Министров СССР (1990 г.). В состав награжденных вошли два сотрудника Лаборатории: Ю. А. Гольдин и О. В. Копелевич.

Сотрудники Лаборатории неоднократно награждались премиями на конкурсе МАИК «Наука/Интерпериодика» за циклы статей, опубликованных в академических изданиях: за цикл статей «Использование данных спутниковых наблюдений цвета вод в океанологических исследованиях», опубликованных в 1999–2001 гг. (2002 г., О. В. Копелевич с соавторами); за цикл работ, посвященный интерпретации данных спутниковых сканеров цвета для изучения различных процессов и явлений в морях и океанах (2007 г., Г. С. Карабашев, М. А. Евдошенко и С. В. Шеберстов); за цикл статей по Карскому морю в журнале «Океанология» (2011 г., Буренков В. И., Гольдин Ю. А.).

Современное состояние Лаборатории

В настоящее время в Лаборатории работают 22 человека (рисунок 5), среди них 1 доктор и 8 кандидатов наук. Значительная часть – молодежь (8 сотрудников до 39 лет). Сотрудники Лаборатории читают лекции студентам МФТИ (Д. И. Глуховец) и МГУ (А. Ю. Иванов), а также руководят дипломными работами студентов и готовят аспирантов к защите кандидатских диссертаций. После многолетнего перерыва возобновились защиты кандидатских диссертаций (Д. И. Глуховец, 2019 г.; А. В. Юшманова, 2022 г.).

Сотрудники Лаборатории реализуют крупные научные проекты при поддержке РФФИ, Минобрнауки и государственных программ. В частности, 2021–2024 гг. они активно участвовали в федеральных климатических и экологических проектах ИО РАН.

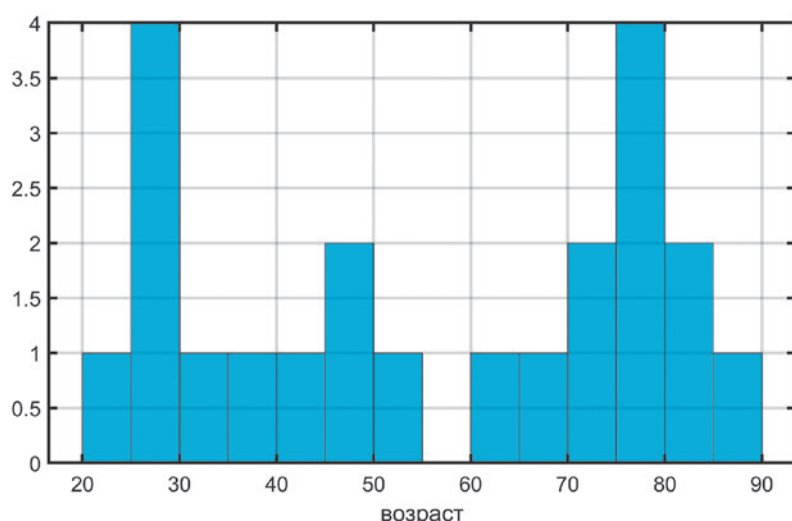


Рис. 5 – Гистограмма возраста сотрудников Лаборатории, февраль 2025 г.

Сотрудники Лаборатории участвуют в организации ряда профильных конференций. Среди них следует выделить международную конференцию «Современные проблемы оптики естественных вод» (“Optics of Natural Waters”, “ONW”), регулярно проходящую раз в два года, начиная с 2001 г. (члены программного комитета: О. В. Копелевич, Ю. А. Гольдин и Д. И. Глуховец). Эта конференция играет важную роль в развитии отечественной гидрооптики (рисунок 6).



Рис. 6 – Участники VII Международной конференции «Современные проблемы оптики естественных вод», Санкт-Петербург, 2013 г.

В настоящее время сотрудниками Лаборатории создаются новые измерительные приборы (В. Д. Володин) и соответствующее программное обеспечение (А. В. Григорьев). Совершенствуются методы решения уравнения переноса излучения, как аналитические (В. В. Маринюк), так и численные (С. В. Шеберстов). Сотрудники принимают активное участие в экспедициях Института, а также в российских и зарубежных

конференциях. В настоящий момент готовят кандидатские диссертации четыре аспиранта МФТИ и ИО РАН: Е. А. Аглова, Д. Н. Дерягин, С. К. Клименко и М. А. Павлова. Темы их диссертаций в полной мере соответствуют направлениям современных исследований Лаборатории: изучению процессов формирования и причин изменчивости биооптических характеристик морской воды и параметров световых полей по судовым и спутниковым данным, разработке и модернизации оригинальных спутниковых региональных алгоритмов, фундаментальным исследованиям переноса излучения в системе «атмосфера–океан», атмосферной коррекции данных спутниковых сканеров цвета, гидрооптическому моделированию характеристик подводных световых полей и мониторингу загрязнений морской поверхности методами космической радиолокации.

Лаборатория оптики океана имеет богатую историю, она продолжает жить и развиваться (рисунок 7).



Рис. 7 – Сотрудники Лаборатории оптики океана в Малом конференц-зале ИО РАН, февраль 2025 г.

Благодарности. Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России для ИО РАН (тема № FMWE-2024-0015).

Список литературы

1. *Артемов В. А., Буренков В. И., Вортман М. И., Григорьев А. В., Копелевич О. В., Храпко А. Н.* Подспутниковые измерения цвета океана: новый плавающий спектрорадиометр и его метрология // *Океанология*. 2000. Т. 40. № 1. С. 148–155. EDN: [LGAFPH](#)
2. *Артемов В. А., Таскаев В. Р., Григорьев А. В.* Автономный прозрачномер ПУМ-200 // *Современные методы и средства океанологических исследований (МСОИ-2021)*. Материалы XVII всероссийской научно-технической конференции. 2021. Т. 1. С. 95–99. EDN: [PAVMXH](#)
3. *Бреховских Л. М., Шифрин К. С.* Гидрофизические и оптические исследования в Индийском океане (10-й рейс НИС «Дмитрий Менделеев»). М.: Наука, 1975. 255 с. https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_006919710/

4. Глухов В. А., Гольдин Ю. А. Морские радиометрические лидары и их использование для решения океанологических задач. В кн.: Фундаментальная и прикладная гидрофизика. 2024. Т. 17. № 1. С. 104–128. EDN: YMUPXI. [https://doi.org/10.59887/2073-6673.2024.17\(1\)-9](https://doi.org/10.59887/2073-6673.2024.17(1)-9)
5. Глуховец Д. И., Шеберстов С. В., Копелевич О. В., Зайцева А. Ф., Погосян С. И. Измерения показателя поглощения морской воды с помощью интегрирующей сферы // Светотехника. 2017. № 5. С. 39–43. EDN: ZWJQAH
6. Глуховец Д. И., Гольдин Ю. А. Обзор работ Олега Викторовича Копелевича по оптике океана // Фундаментальная и прикладная гидрофизика. 2022. Т. 15. № 3. С. 9–17. EDN: WINZGN. <https://doi.org/10.59887/fpg/vkp2-4p21-rtbh>
7. Гольдин Ю. А., Глуховец Д. И., Гуреев Б. А., Григорьев А. В., Артемьев В. А. Судовой проточный комплекс для измерения биооптических и гидрологических характеристик морской воды // Океанология. 2020. Т. 60. №. 5. С. 814–822. EDN: THGSKY. <https://doi.org/10.31857/S0030157420040103>
8. Гольдин Ю. А., Тынянкин И. И. Институт океанологии им. П. П. Ширшова Российской академии наук, г. Москва // Военные лазеры России. М.: Научное издание, 2013. С. 158–161. https://rusneb.ru/catalog/000200_000018_RU_NLR_bibl_2068273/
9. Гольдин Ю. А., Пелевин В. Н., Шифрин К. С. Световое поле от импульсного источника в море. В кн.: Оптика океана и атмосферы. М.: Наука, 1981. С. 56–95. https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_001056472/
10. Гольдин Ю. А., Шатравин А. В., Левченко В. А., Венцкут Ю. И., Гуреев Б. А., Копелевич О. В. Исследование пространственной изменчивости интенсивности флуоресценции морской воды в западной части Черного моря // Фундаментальная и прикладная гидрофизика. 2015. Т. 8. № 1. С. 17–26. EDN: TPPQYP
11. Гольдин Ю. А., Глуховец Д. И. К 80-летию О. В. Копелевича // Океанологические исследования. 2020. Т. 48. № 2. С. 173–179. EDN: ETFCAT. [https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2020.48\(2\).12](https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2020.48(2).12)
12. Гольдин Ю. А., Гуреев Б. А., Венцкут Ю. И. Поляризационный лидар для зондирования толщи океанских вод с борта судна. В кн.: Комплексные исследования Мирового океана – проект «Меридиан, Атлантический океан». М.: Наука, 2008. С. 179–188. ISBN 978-5-02-034171-5. <https://www.morkniga.ru/p830162.html>
13. ГОСТ 19209-73. Световое поле в водной среде: Термины и определения. М.: Госкомстандарт СССР, 1974. <https://docs.cntd.ru/document/464618202>
14. ГОСТ 19210-73. Гидрооптические характеристики: Термины и определения. М.: Госкомстандарт СССР, 1974. <https://docs.cntd.ru/document/464618203>
15. Ерлов Н. Оптика моря. Л.: Гидрометеиздат, 1980. 248 с. <https://s.eruditor.one/file/3471268/>
16. Иванов А. Введение в океанографию. М.: МИР, 1978. 576 с. https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_007778580/?ysclid=mi8w4v36d2258731666
17. Карабашев Г. С. Флуоресценция в океане. Л.: Гидрометеиздат, 1987. 200 с. https://rusneb.ru/catalog/000200_000018_rc_505070/?ysclid=mi533kfqqm533102212
18. Козлянинов М. В. Руководство по гидрооптическим измерениям в море // Труды ИО РАН. СССР. 1961. Т. 47. С. 37–79. https://books.google.ru/books?id=S3EvAAAAYAAJ&hl=ru&source=gbs_navlinks_s
19. Копелевич О. В., Буренков В. И., Вазюля С. В. и др. Оценка баланса ФАР в Баренцевом море по данным спутникового сканера цвета SeaWiFS // Океанология. 2003. Т. 43. № 6. С. 834–845. EDN: OOGQNL
20. Копелевич О. В., Гольдин Ю. А. Морские гидрооптические исследования. В кн.: Кузнецов О. А. К истории экспедиционных исследований Института океанологии им.

- П. П. Ширшова. М.: Научный мир, 2005. С. 499–507. https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_002817422/?ysclid=mi8wefahuy148172378
21. *Копелевич О. В., Шеберстов С. В., Буренков В. И., Вазюля С. В., Набиуллина М. В.* Оценка объемного поглощения солнечного излучения в водной толще по спутниковым данным // *Фундаментальные исследования океанов и морей*. Кн. 1. М.: Наука, 2006. С. 109–126. ISBN 5-02-035309-4. <https://www.morkniga.ru/p202339.html>
22. *Копелевич О. В., Буренков В. И., Гольдин Ю. А., Шеберстов С. В.* Оптический мониторинг Атлантического океана по данным спутниковых и судовых исследований. В кн.: *Комплексные исследования Мирового океана: Проект «Меридиан»*. М.: Наука, 2008. Ч. 1. С. 150–164. ISBN 978-5-02-034171-5. <https://www.morkniga.ru/p830162.html>
23. *Копелевич О. В., Салинг И. В., Вазюля С. В., Глуховец Д. И., Шеберстов С. В., Буренков В. И., Каралли П. Г., Юшманова А. В.* Биооптические характеристики морей, омывающих берега западной половины России, по данным спутниковых сканеров цвета 1998–2017 гг. М.: ООО «ВАШ ФОРМАТ», 2018. 140 с. EDN: YSSRDN
24. *Копелевич О. В.* К 100-летию выдающего советского ученого профессора К. С. Шифрина 1918–2011 // *Океанологические исследования*. 2018. Т. 46. № 1. С. 165–186. EDN: YWRNZZ. [https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2018.46\(1\).17](https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2018.46(1).17)
25. *Копелевич О. В.* Михаил Владимирович Козлянинов – ученый и человек // *Океанологические исследования*. 2020. Т. 48. № 2. С. 180–192. EDN: QUSGYE. [https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2020.48\(2\).13](https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2020.48(2).13)
26. *Копелевич О. В.* Владимир Александрович Артемьев – более 60 морских экспедиций от Арктики до Антарктики // *Океанологические исследования*. 2020. Т. 48. № 2. С. 199–207. EDN: MRKOFС. [https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2020.48\(2\).15](https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2020.48(2).15)
27. *Кузнецов О. А., Нейман В. Г.* К истории экспедиционных исследований Института океанологии им. П. П. Ширшова. М.: Научный мир, 2005, 520 с. EDN: QKFKCB
28. *Лобковский Л. И., Копелевич О. В., Соловьева Н. В.* Мониторинг состояния экологической системы Каспийского шельфа на основе результатов математического моделирования, данных дистанционных и натурных наблюдений // *Экология промышленного производства*. 2006. № 1. С. 18–26. EDN: KBBKST
29. *Монин А. С., Копелевич О. В.* Гидрооптическое влияние Амазонки на океан // *Доклады АН СССР*. 1983. Т. 273. № 6. С. 1482–1486. <http://eliv.vniro.ru/lib/document/DB7/6B102B52-3B60-4689-B419-C9E5755771EB/>
30. *Монин А. С., Шифрин К. С.* Гидрофизические и гидрооптические исследования в Атлантическом и Тихом океанах: по результатам исследований в 5-м рейсе НИС «Дмитрий Менделеев». М.: Наука, 1974. Т. 1. Физическая оптика океана. М.: Наука, 1983. <http://eliv.vniro.ru/lib/document/DB4/4C7602DB-4D12-47AD-8BE7-526620B6BE82/>
31. *Оптика океана. Т. 1. Физическая оптика океана*. М.: Наука, 1983. https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_001159989/
32. *Оптика океана. Т. 2. Прикладная оптика океана*. М.: Наука, 1983. https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_001159990/
33. *Очаковский Ю. Е., Копелевич О. В., Войтов В. И.* Свет в море. М.: Наука, 1970. 174 с. https://rusneb.ru/catalog/005664_000048_RU_RGPU_BIBL_411049206/
34. *Пелевин В. Н., Судьбин А. И., Мозговой В. И.* Результаты одновременных измерений ряда гидрооптических характеристик в Балтийском море. В кн.: *Световые поля в океане*. М.: Ин-т океанологии АН СССР, 1979. С. 85–91. <https://urss.ru/cgi-bin/db.pl?lang=Ru&blang=ru&page=Book&id=17557&ysclid=mi53dzgvgv740604812>
35. *Ученые Института океанологии им. П. П. Ширшова Российской Академии Наук* // М.: Институт океанологии РАН, 2006. 353 с. ISBN 5-85941-194-4. <https://lib.dm-centre.ru/lib/document/gpntb/ESVODT/a2086e36d4aa748e391ad5673823dcd9/>

36. Шеберстов С. В. Система пакетной обработки океанологических спутниковых данных // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т. 12. № 6. С. 87–94. EDN: [VBLWTZ](#)
37. Шифрин К. С., Судьбин А. И., Бекасова О. Д., Вортман М. И., Гольдин Ю. А., Халемский Э. Н., Цугулиев А. И. Исследование связи между содержанием хлорофилла и яркостью света, выходящего из моря // ТРОПЭКС-72. Л.: Гидрометеиздат, 1974. С. 499–505. https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_007356809/?ysclid=mi53gkae7p219323058
38. Шифрин К. С. Введение в оптику океана. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 278 с. https://rusneb.ru/catalog/000200_000018_rc_816694/?ysclid=mi53h92qnp722906524
39. Glukhovets D. I., Goldin Y. A. Surface desalinated layer distribution in the Kara Sea determined by shipboard and satellite data // Oceanology. 2020. Vol. 62. No. 3. P. 364–373. EDN: [JQPEVZ](#). <https://doi.org/10.1016/j.oceano.2020.04.002>
40. Glukhovets D. I., Goldin Y. A. Surface layer desalination of the bays on the east coast of Novaya Zemlya identified by shipboard and satellite data // Oceanology. 2019. Vol. 61. No. 1. P. 68–77. EDN: [MKIFFP](#). <https://doi.org/10.1016/j.oceano.2018.07.001>
41. Glukhovets D. I., Ivlev G. A., Belan B. D. Calculation of the remote sensing reflectance based on the total upwelling radiance measured from the Optik Tu-134 aircraft laboratory // 29th International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics. SPIE. 2023. Vol. 12780. P. 891–894. <https://doi.org/10.1117/12.2692729>
42. Glukhovets D. I. Main directions of hydrooptical research at the Shirshov Institute of Oceanology // 29th International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics. SPIE. 2023. Vol. 12780. <https://doi.org/10.1117/12.2692797>
43. Glukhovets D. I., Salyuk P. A., Artemiev V. A., Shtraikhert E. A., Zakharkov S. P. Variability of bio-optical characteristics of surface water layer during transatlantic transect in 2019–2020 // Oceanology. 2021. Vol. 61. No. 6. P. 872–880. EDN: [HZRJCW](#). <https://doi.org/10.1134/S0001437021060229>
44. Ivanov A. Y., Ivonin D. V., Terleeva N. V., Evtushenko N. V., Kucheiko A. Y., Filimonova N. A. Oil spills in the Barents Sea: The results of multiyear monitoring with synthetic aperture radar // Marine Pollution Bulletin. 2022. Vol. 179. P. 113677. EDN: [SGIEFO](#). <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113677>
45. Marinyuk V. V., Rogozkin D. B., Sheberstov S. V. Optical beam spread in seawater // Optics Communications. 2025. Vol. 574. P. 131098. EDN: [SORGDZ](#). <https://doi.org/10.1016/j.optcom.2024.131098>
46. Pavlova M. A., Glukhovets D. I., Volodin V. D. Deck Spectroradiometer for measuring remote sensing reflectance // Oceanology. 2023. Vol. 63. No. S1. P. 228–237. EDN: [KARVPW](#). <https://doi.org/10.1134/S0001437023070147>
47. Pavlova M. A., Sheberstov S. V. Operator technique for solving the radiative transfer equation in atmosphere-ocean system // Ocean Optics XXVI, Spain, Las Palmas de Gran Canaria, October 6–11, 2024. <https://web.archive.org/web/20250117081237/https://oceanopticsconference.org/abstract-pavlova/>
48. Sviridov S. A. States of arts on laser remote sensing techniques of sea surface roughness in Russia // Proceedings of OCEANS. 1993. Vol. 1. P. 1473–1481. EDN: [XODKNF](#). <https://doi.org/10.1109/OCEANS.1993.325957>
49. Sviridov S. A. Shipboard Laser Scanning System DSV // Proceedings of 21-st Oceanology International'90 Conference, The Brighton Metropole, Brighton, UK, 1990. Vol. 2. https://archive.org/stream/jprs-report_jprs-est-90-020/jprs-report_jprs-est-90-020_djvu.txt
50. Sviridov S. A., Sudbin A. I. Surface sensing method // IEEE, OCEANS 93, proceedings, Vols 1–3: engineering in harmony with the ocean International Conference, Victoria, British Columbia, Canada, 1993. Vol. 1. P. 1488–1491. EDN: [XODCPP](#)

51. *Sviridov S. A., Sterlyagov M. S.* Sea Surface Slope Statistics measured by laser sensor // IEEE, OCEANS 94, proceedings: Oceans engineering for today's technology and tomorrow's preservation, Brest, France, 1994. Vol. I. P. 1900–1905. <https://doi.org/10.1109/OCEANS.1994.363962>
52. *Vasilkov A. P., Goldin Y. A., Gureev B. A., Hoge F. E., Swift R. N., Wright C. W.* Airborne polarized lidar detection of scattering layers in the ocean // Applied Optics. 2001. Vol. 40. No. 24. P. 4353–4364. EDN: LGLRSB. <https://doi.org/10.1364/AO.40.004353>
53. *Vazyulya S. V., Kopelevich O. V., Sheberstov S. V., Artemiev V. A.* Estimation of sea surface solar radiation at 400–700 nm using satellite ocean color data, and its validation by ship data // Optics Express. 2016. Vol. 24. No. 6. P. A604–A611. EDN: WSTLVD. <https://doi.org/10.1364/OE.24.00A604>
54. *Yushmanova A., Sheberstov S., Glukhovets D., Pogosyan S.* Numerical simulation of a light field structure in an integrating sphere via the Monte Carlo method // Photonics. 2023. Vol. 10. No. 5. P. 593. EDN: BSEUJO. <https://doi.org/10.3390/photonics10050593>

Статья поступила в редакцию 17.09.2025, одобрена к печати 21.10.2025.

Для цитирования: Глуховец Д. И., Гольдин Ю. А. Гидрооптические исследования в Институте океанологии РАН: к 60-летию Лаборатории оптики океана и 70-летию с начала проведения исследований // Океанологические исследования. 2025. Т. 53 № 4. С. 275–299. [https://doi.ocean.ru/10.29006/1564-2291.JOR-2025.53\(4\).16](https://doi.ocean.ru/10.29006/1564-2291.JOR-2025.53(4).16)

HYDROOPTICAL RESEARCH AT THE INSTITUTE OF OCEANOLOGY OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES: ON THE 60th ANNIVERSARY OF THE OCEAN OPTICS LABORATORY AND THE 70th ANNIVERSARY OF THE BEGINNING OF RESEARCH

D. I. Glukhovets^{1,2}, Yu. A. Goldin¹

¹ Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences,
36, Nakhimovskiy prospekt, Moscow, 117997, Russia;

² Moscow Institute of Physics and Technology,
9, Institutskiy per., Dolgoprudny, Moscow Region, 141700, Russia,
e-mail: glukhovets@ocean.ru

The article is devoted to hydrooptical research conducted in the Ocean Optics Laboratory of the Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences. An overview of the main results obtained over 70 years of hydrooptical research at the Institute is presented. The current state of research carried out in the Laboratory is considered.

Keywords: ocean optics, hydrooptical characteristics, light field, equipment complex, specialized cruises, ocean remote sensing

Acknowledgements: The work was carried out within the framework of the state assignment of the Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences No. FMWE-2024-0015.

References

1. Artem'yev, V. A., V. I. Burenkov, M. I. Vortman, A. V. Grigor'yev, O. V. Kopelevich, and A. N. Khrapko, 2000: Podsputnikovyye izmereniya tsveta okeana: novyy plavayushchiy spektrometr i yego metrologiya (Subsatellite measurements of ocean color: A new floating spectroradiometer and its metrology). *Oceanology*, **40** (1), 148–155, EDN: [LGAFPH](#)
2. Artem'yev, V. A., V. R. Taskaev, and A. V. Grigor'yev, 2021: Avtonomnyy prozrachnomer PUM-200 (Autonomous transmissometer PUM-200). *Sovremennyye metody i sredstva okeanologicheskikh issledovaniy (MSOI-2021). Materialy XVII Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii*. Vol. 1, 95–99, EDN: [PAVMXH](#)
3. Brekhovskikh, L. M. and K. S. Shifrin, 1975: Gidrofizicheskiye i opticheskiye issledovaniya v Indiyском океане (10-y reys NIS "Dmitriy Mendeleyev") (*Hydrophysical and optical studies in the Indian Ocean (10th voyage of the R/V Dmitriy Mendeleev*)). Moscow, Nauka, 255 p., https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_006919710/
4. Glukhovets, D. I., S. V. Sheberstov, O. V. Kopelevich, A. F. Zaytseva, S. I. Pogosyan, 2017: Izmereniya pokazatelya pogloshcheniya morskoy vody s pomoshch'yu integriruyushchey sfery (Measurements of the absorption coefficient of seawater using an integrating sphere). *Svetotekhnika*, **5**, 39–43, EDN: [ZWJQAH](#)
5. Glukhovets, D. I. and Y. A. Goldin, 2019: Surface layer desalination of the bays on the east coast of Novaya Zemlya identified by shipboard and satellite data. *Oceanology*, **61** (1), 68–77, EDN: [MKIFFP](#), <https://doi.org/10.1016/j.oceano.2018.07.001>
6. Glukhovets, D. I. and Y. A. Goldin, 2020: Surface desalinated layer distribution in the Kara Sea determined by shipboard and satellite data. *Oceanology*, **62** (3), 364–373, EDN: [JQPEVZ](#), <https://doi.org/10.1016/j.oceano.2020.04.002>
7. Glukhovets, D. I., P. A. Salyuk, V. A. Artemiev, E. A. Shtraikhert, and S. P. Zakharkov, 2021: Variability of bio-optical characteristics of surface water layer during transatlantic transect in 2019–2020. *Oceanology*, **61** (6), 872–880, EDN: [HZRJCW](#), <https://doi.org/10.1134/S0001437021060229>
8. Glukhovets, D. I. and Yu. A. Goldin, 2022: Obzor rabot Olega Viktorovicha Kopelevicha po optike okeana (Review of Oleg Viktorovich Kopelevich's works on ocean optics). *Fundamental'naya i prikladnaya gidrofizika*, **15** (3), 9–17, EDN: [WINZGN](#), <https://doi.org/10.59887/fpg/vkp2-4p21-rtbh>
9. Glukhovets, D. I., G. A. Ivlev, and B. D. Belan, 2023: Calculation of the remote sensing reflectance based on the total upwelling radiance measured from the Optik Tu-134 aircraft laboratory. *29th International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics, SPIE*, **12780**, 891–894, <https://doi.org/10.1117/12.2692729>
10. Glukhovets, D. I., 2023: Main directions of hydrooptical research at the Shirshov Institute of Oceanology. *29th International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics. SPIE*, **12780**, <https://doi.org/10.1117/12.2692797>
11. Glukhov, V. A. and Yu. A. Goldin, 2024: Morskiye radiometricheskiye lidary i ikh ispol'zovaniye dlya resheniya okeanologicheskikh zadach (Marine radiometric lidars and their application for solving oceanological problems). In: *Fundamental'naya i prikladnaya gidrofizika*, **17** (1), 104–128, EDN: [YMUPXI](#), [https://doi.org/10.59887/2073-6673.2024.17\(1\)-9](https://doi.org/10.59887/2073-6673.2024.17(1)-9)
12. Goldin, Yu. A., D. I. Glukhovets, B. A. Gureyev, A. V. Grigor'yev, and V. A. Artem'yev, 2020: Sudovoy protochnyy kompleks dlya izmereniya bioopticheskikh i gidrologicheskikh kharakteristik morskoy vody (Shipboard flow-through system for measuring bio-optical and hydrological characteristics of seawater). *Oceanology*, **60** (5), 814–822, EDN: [THGSKY](#), <https://doi.org/10.31857/S0030157420040103>

13. Goldin, Yu. A., V. N. Pelevin, and K. S. Shifrin, 1981: Svetovoye pole ot impul'snogo istochnika v more. In: *Optika okeana i atmosfery (Light field from a pulsed source in the sea)*. Moscow, Nauka, 56–95, https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_001056472/
14. Goldin, Yu. A. and I. I. Tyniankin, 2013: Institut okeanologii im. P. P. Shirshova Rossiyskoy akademii nauk, g. Moskva (Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences). *Voyennyye lazery Rossii*. Moscow, Nauchnoye izdaniye, 158–161, https://rusneb.ru/catalog/000200_000018_RU_NLR_bibl_2068273/
15. Goldin, Yu. A., A. V. Shatravin, V. A. Levchenko, Yu. I. Ventskut, B. A. Gureyev, and O. V. Kopelevich, 2015: Issledovaniye prostranstvennoy izmenchivosti intensivnosti flyuorestsentsii morskoy vody v zapadnoy chasti Chernogo morya (Study of the spatial variability of seawater fluorescence intensity in the western part of the Black Sea). *Fundamental'naya i prikladnaya gidrofizika*, **8** (1), 17–26, EDN: **TPPQYP**
16. Goldin, Yu. A. and D. I. Glukhovets, 2020: K 80-letiyu O. V. Kopelevicha (On the 80th anniversary of O. V. Kopelevich). *Journal of Oceanological Research*, **48** (2), 173–179, EDN: **ETFCAT**, [https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2020.48\(2\).12](https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2020.48(2).12)
17. Goldin, Yu. A., B. A. Gureyev, and Yu. I. Ventskut, 2008: Polyarizatsionnyy lidar dlya zondirovaniya tolshchi okeanskikh vod s borta sudna (Polarization lidar for probing the thickness of ocean waters from a shipboard platform). *Kompleksnyye issledovaniya Mirovogo okeana – proyekt “Meridian, Atlanticheskoy okean”*. Moscow, Nauka, 179–188, ISBN 978-5-02-034171-5, <https://www.morkniga.ru/p830162.html>
18. GOST 19209-73., 1974: Svetovoye pole v vodnoy srede: Terminy i opredeleniya (Light field in the aquatic environment: Terms and definitions). Moscow, Goskomstandart SSSR, <https://docs.cntd.ru/document/464618202>
19. GOST 19210-73., 1974: Gidroopticheskiye kharakteristiki: Terminy i opredeleniya (Hydro-optical characteristics: Terms and definitions). Moscow, Goskomstandart SSSR, <https://docs.cntd.ru/document/464618203>
20. Ivanov, A., 1978: *Vvedeniye v okeanografiyu (Introduction to Oceanography)*. Moscow, MIR, 576 p., https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_007778580/?ysclid=mi8w4v36d2258731666
21. Ivanov, A. Y., D. V. Ivonin, N. V. Terleeva, N. V. Evtushenko, A. Y. Kucheiko, and N. A. Filimonova, 2022: Oil spills in the Barents Sea: The results of multiyear monitoring with synthetic aperture radar. *Marine Pollution Bulletin*, **179**, 113677, EDN: **SGIEFO**, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113677>
22. Karabashev, G. S., 1987: *Flyuorestsentsiya v okeane (Fluorescence in the Ocean)*. Leningrad, Gidrometeoizdat, 200 p., https://rusneb.ru/catalog/000200_000018_rc_505070/?ysclid=mi533kfqqm533102212
23. Kozlyaninov, M. V., 1961: Rukovodstvo po gidroopticheskim izmereniyam v more (*uide to Hydro-Optical Measurements in the Sea*). Trudy IO RAN SSSR, **47**, 37–79, https://books.google.ru/books?id=S3EvAAAAYAAJ&hl=ru&source=gbs_navlinks_s
24. Kopelevich, O. V., V. I. Burenkov, and S. V. Vazyulya et al., 2003: Otsenka balansa FAR v Barentsevom more po dannym sputnikovogo skanera tsveta SeaWiFS (Estimation of PAR balance in the Barents Sea based on data from the SeaWiFS satellite color scanner). *Oceanology*, **43** (6), 834–845, EDN: **OOGQNL**
25. Kopelevich, O. V. and Yu. A. Goldin, 2005: Morskiye gidroopticheskiye issledovaniya. In: *K istorii ekspeditsionnykh issledovaniy Instituta okeanologii im. P. P. Shirshova* (Marine hydro-optical research. In: *On the History of Expeditionary Research of the Shirshov Institute of Oceanology*). Moscow, Nauchnyy mir, 499–507, https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_002817422/?ysclid=mi8wefahuy148172378

26. Kopelevich, O. V., S. V. Sheberstov, V. I. Burenkov, S. V. Vazyulya, and M. V. Nabiullina, 2006: Otsenka ob'yemnogo pogloshcheniya solnechnogo izlucheniya v vodnoy tolshche po sputnikovym dannym (Estimation of the volumetric absorption of solar radiation in the water column based on satellite data). In: *Fundamental'nyye issledovaniya okeanov i morey*. Kn. 1. Moscow, Nauka, 109–126, ISBN 5-02-035309-4, <https://www.morkniga.ru/p202339.html>
27. Kopelevich, O. V., V. I. Burenkov, Yu. A. Goldin, and S. V. Sheberstov, 2008: Opticheskiy monitoring Atlanticheskogo okeana po dannym sputnikovyx i sudovykh issledovaniy (Optical monitoring of the Atlantic Ocean based on satellite and shipboard research data). *Kompleksnyye issledovaniya Mirovogo okeana: Proyekt "Meridian"*. Moscow, Nauka, Ch. 1, 150–164, <https://www.morkniga.ru/p830162.html>
28. Kopelevich, O. V., I. V. Saling, S. V. Vazyulya, D. I. Glukhovets, S. V. Sheberstov, V. I. Burenkov, P. G. Karalli, and A. V. Yushmanova, 2018: Bioopticheskiye kharakteristiki morey, omyvayushchikh berega zapadnoy poloviny Rossii, po dannym sputnikovyx skanerov tsveta 1998–2017 gg. (*Bio-optical characteristics of the seas washing the shores of the western half of Russia based on data from satellite color scanners (1998–2017)*). Moscow, OOO "VASH FORMAT", 140 p., EDN: **YSSRDN**
29. Kopelevich, O. V., 2018: K 100-letiyu vydayushchegosya sovetskogo uchenogo professora K. S. Shifrina 1918–2011 (On the 100th anniversary of the outstanding Soviet scientist Professor K. S. Shifrin (1918–2011)). *Journal of Oceanological Research*, **46** (1), 165–186, EDN: **YWRNZZ**, [https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2018.46\(1\).17](https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2018.46(1).17)
30. Kopelevich, O. V., 2020: Mikhail Vladimirovich Kozlyaninov – uchenyy i chelovek (Mikhail Vladimirovich Kozlyaninov – scientist and person). *Journal of Oceanological Research*, **48** (2), 180–192, EDN: **QUSGYE**, [https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2020.48\(2\).13](https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2020.48(2).13)
31. Kopelevich, O. V., 2020: Vladimir Aleksandrovich Artem'yev – boleye 60 morskikh ekspeditsiy ot Arktiki do Antarktiki (Vladimir Aleksandrovich Artemiev – more than 60 sea expeditions from the Arctic to the Antarctic). *Journal of Oceanological Research*, **48** (2), 199–207, EDN: **MRKOFc**, [https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2020.48\(2\).15](https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2020.48(2).15)
32. Kuznetsov, O. A. and V. G. Neyman, 2005: K istorii ekspeditsionnykh issledovaniy Instituta okeanologii im. P. P. Shirshova (*On the History of Expeditionary Research of the Shirshov Institute of Oceanology*). Moscow, Nauchnyy mir, 520 p., EDN: **QKFKCB**
33. Lobkovskiy, L. I., O. V. Kopelevich, and N. V. Solov'yeva, 2006: Monitoring sostoyaniya ekologicheskoy sistemy Kaspiyskogo shel'fa na osnove rezul'tatov matematicheskogo modelirovaniya, dannykh distantsionnykh i naturnykh nablyudeniy (Monitoring the state of the ecological system of the Caspian shelf based on mathematical modeling, remote sensing, and field observations.). *Ekologiya promyshlennogo proizvodstva*, **1**, 18–26, EDN: **KBBKST**
34. Marinyuk, V. V., D. B. Rogozkin, and S. V. Sheberstov, 2025: Optical beam spread in seawater. *Optics Communications*, 131098, EDN: **SORGdZ**, <https://doi.org/10.1016/j.optcom.2024.131098>
35. Monin, A. S. and O. V. Kopelevich, 1983: Gidroopticheskoye vliyaniye Amazonki na okean (Hydro-optical influence of the Amazon River on the ocean). *Doklady AN SSSR*, **273** (6), 1482–1486, <http://elib.vniro.ru/lib/document/DB7/6B102B52-3B60-4689-B419-C9E5755771EB/>
36. Monin, A. S. and K. S. Shifrin, 1974: Gidrofizicheskiye i gidroopticheskiye issledovaniya v Atlanticheskom i Tikhom okeanakh: po rezul'tatam issledovaniy v 5-m reyse NIS "Dmitriy Mendeleyev" (*Hydrophysical and Hydro-Optical Studies in the Atlantic and Pacific Oceans: Results of the 5th Voyage of the R/V "Dmitriy Mendeleev"*). Moscow, Nauka, 327 p., <http://elib.vniro.ru/lib/document/DB4/4C7602DB-4D12-47AD-8BE7-526620B6BE82/>
37. *Optika okeana*. 1. *Fizicheskaya optika okeana* (Ocean Optics. Vol. 1. Physical Optics of the Ocean). Moscow, Nauka, 1983a, https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_001159989/

38. *Optika okeana. 2. Prikladnaya optika okeana* (Ocean Optics. Vol. 2. Applied Optics of the Ocean). Moscow, Nauka, 1983b, https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_001159990/
39. Ochakovskiy, Yu. E., O. V. Kopelevich, and V. I. Voytov, 1970: *Svet v more (Light in the Sea)*. Moscow, Nauka, 174 p., https://rusneb.ru/catalog/005664_000048_RU_RGPU_BIBL_411049206/
40. Pavlova, M. A., D. I. Glukhovets, and V. D. Volodin, 2023: Deck Spectroradiometer for Measuring Remote Sensing Reflectance. *Oceanology*, **63** (1), 228–237, EDN: KARVPW, <https://doi.org/10.1134/S0001437023070147>
41. Pavlova, M. A. and S. V. Sheberstov, 2024: *Operator technique for solving the radiative transfer equation in atmosphere-ocean system. Ocean Optics XXVI, Spain, Las Palmas de Gran Canaria*, October 6–11, <https://web.archive.org/web/20250117081237/https://oceanopticsconference.org/abstract-pavlova/>
42. Pelevin, V. N., A. I. Sud'bin, and V. I. Mozgovoy, 1979: Rezul'taty odnovremennykh izmereniy ryada gidroopticheskikh kharakteristik v Baltiyskom more (Results of simultaneous measurements of a number of hydro-optical characteristics in the Baltic Sea). *Svetovyye polya v okeane*, Moscow, 85–91, <https://urss.ru/cgi-bin/db.pl?lang=Ru&blang=ru&page=Book&id=17557&ysclid=mi53dzgvgv740604812>
43. Sheberstov, S. V., 2015: Sistema paketnoy obrabotki okeanologicheskikh sputnikovykh dannyykh (System for batch processing of oceanological satellite data). *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, **12** (6), 87–94, EDN: VBLWTZ
44. Shifrin, K. S., A. I. Sud'bin, O. D. Bekasova, M. I. Vortman, Yu. A. Goldin, E. N. Khalemskiy, and A. I. Tsuguliyev, 1974: Issledovaniye svyazi mezhdu sodержaniyem khlorofilla i yarkost'yu sveta, vykhodyashchego iz morya (Study of the relationship between chlorophyll content and the brightness of light emerging from the sea). *TROPÉKS-72*. Leningrad, Gidrometeoizdat, 499–505, EDN: XODCPP
45. Shifrin, K. S., 1983: *Vvedeniye v optiku okeana (Introduction to Ocean Optics)*. Leningrad, Gidrometeoizdat, 278 p., https://rusneb.ru/catalog/000200_000018_rc_816694/?ysclid=mi53h92qnp722906524
46. Sviridov, S. A., 1993: States of arts on laser remote sensing techniques of sea surface roughness in Russia. In: *Proceedings of OCEANS*, **1**, 1473–1481, EDN: XODKNF, <https://doi.org/10.1109/OCEANS.1993.325957>
47. Sviridov, S. A. Shipboard Laser Scanning System DSV. *Proceedings of 21-st Oceanology International'90 Conference*, The Brighton Metropole, Brighton, UK, 1990. Vol. 2. https://archive.org/stream/jprs-report_jprs-est-90-020/jprs-report_jprs-est-90-020_djvu.txt
48. Sviridov, S. A. and A. I. Sudbin, 1993: Surface sensing method. *IEEE, OCEANS 93, proceedings*, Vols 1–3: engineering in harmony with the ocean International Conference, Victoria, British Columbia, Canada, Vol. 1, P. 1488–1491, EDN: XODCPP
49. Sviridov, S. A. and M. S. Sterlyagov, 1994: Sea Surface Slope Statistics Measured by Laser Sensor. *IEEE, OCEANS 94, proceedings: Oceans engineering for today's technology and tomorrow's preservation*, Brest, France, Vol. I, P. 1900–1905, <https://doi.org/10.1109/OCEANS.1994.363962>
50. Uchenyye Instituta okeanologii im. P. P. Shirshova Rossiyskoy Akademii Nauk (Scientists of the Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences). Moscow, Institut okeanologii RAN, 2006, 353 p., ISBN 5-85941-194-4, <https://lib.dm-centre.ru/lib/document/gpntb/ESVODT/a2086e36d4aa748e391ad5673823dcd9/>
51. Vasilkov, A. P., Y. A. Goldin, B. A. Gureev, F. E. Hoge, R. N. Swift, and C. W. Wright, 2001: Airborne polarized lidar detection of scattering layers in the ocean // *Applied Optics*, **40** (24), 4353–4364, EDN: LGLRSB, <https://doi.org/10.1364/AO.40.004353>
52. Vazyulya, S. V., O. V. Kopelevich, S. V. Sheberstov, and V. A. Artemiev, 2016: Estimation of sea surface solar radiation at 400–700 nm using satellite ocean color data, and its validation

- by ship data. *Optics Express*, **24** (6), A604–A611, EDN: WSTLVD, <https://doi.org/10.1364/OE.24.00A604>
53. Yerlov N., 1980: *Optika morya (Optics of the Sea)*. Leningrad, Gidrometeoizdat, 248 p. <https://spbib.ru/ru/catalog/-/books/11373320-optika-morya?ysclid=mi532luv97945937916>
54. Yushmanova, A., S. Sheberstov, D. Glukhovets, and S. Pogosyan, 2023: Numerical simulation of a light field structure in an integrating sphere via the Monte Carlo method. *Photonics*, **10** (5), 593, EDN: BSEUJO, <https://doi.org/10.3390/photonics10050593> Submitted 05.03.2025, accepted 14.04.2025.

Submitted 17.09.2025, accepted 21.10.2025.

For citation: Glukhovets, D. I. and Yu. A. Goldin, 2025: Hydrooptical research at the Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences: on the 60th anniversary of the Ocean Optics Laboratory and the 70th anniversary of the beginning of research. *Journal of Oceanological Research*, **53** (4), 275–299, [https://doi.ocean.ru/10.29006/1564-2291.JOR-2025.53\(4\).16](https://doi.ocean.ru/10.29006/1564-2291.JOR-2025.53(4).16)

俄罗斯科学院海洋研究所水体光学研究： 纪念海洋光学实验室成立60周年暨研究启动70周年

D. I. Glukhovets^{1,2}, Yu. A. Goldin¹

¹ Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences,
36, Nakhimovskiy prospekt, Moscow, 邮编: 117997, Russia;

² Moscow Institute of Physics and Technology
9, Institutskiy per., Dolgoprudny, Moscow Region, 141700, Russia,
电子邮件: glukhovets@ocean.ru

本文回顾了俄罗斯科学院希尔绍夫海洋研究所海洋光学实验室开展的水体光学研究历程。文章综述了该所70年来在水体光学领域取得的主要成果，并对实验室当前的研究现状进行了评述。

关键词：海洋光学·水体光学特性·光场·仪器综合测量系统·专业航次·海洋遥感

致谢：本工作由俄罗斯科学与高等教育部下达给希尔绍夫海洋研究所的国家任务项目（编号：FMWE-2024-0015）资助完成。