



Совместные исследования Атлантического филиала ВНИРО и Атлантического отделения Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН в Балтийском море

К.В. Бандурин¹, В.В. Сивков², С.В. Александров^{1,2}, А.Г. Архипов¹

¹ Атлантический филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АтлантНИРО»), ул. Дм. Донского, 5, г. Калининград, 236022

² Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН (ФГБУН «ИО РАН»), Нахимовский проспект, д. 36, Москва, 117997

E-mail: hydrobio@atlantniro.ru

Цель: изучение экосистемы Балтийского моря, включая условия среды обитания водных биологических ресурсов, по результатам совместных исследований АтлантНИРО и Атлантического отделения Института океанологии им. П.П. Ширшова (АО ИО) РАН.

Используемые методы: анализ многолетних данных совместных экспедиционных исследований в открытой части и береговой зоне Балтийского моря.

Результаты: благодаря совместным исследованиям АтлантНИРО и АО ИО РАН в 2018–2022 гг., сохранена непрерывность многолетних наблюдений и увеличен объём научной информации, необходимой для оценки состояния среды обитания водных биологических ресурсов в российских секторах Балтийского моря. Получены современные данные по эвтрофированию и загрязнению, фитопланктону, зоопланктону, бентосу, а также о ранних онтогенетических стадиях основных промысловых рыб. Детализировано пространственное распределение планктонных и бентосных сообществ, в том числе районов, благоприятных для нереста и нагула рыб. Показано относительно высокое загрязнение радионуклидами донных осадков в отдельных районах Балтийского моря, прежде всего, в Финском заливе.

Практическая значимость: реализация направлений, предусмотренных Соглашением о сотрудничестве между Росрыболовством и РАН, и прежде всего, – участие научных групп АтлантНИРО в экспедициях в Балтийском море в 2018–2022 гг., стали значимым дополнением к ежегодным исследованиям и государственному мониторингу водных биоресурсов и среды их обитания, проводимым ВНИРО в Балтийском море.

Ключевые слова: Балтийское море, совместные исследования, морские экспедиции, среда обитания водных биологических ресурсов.

Joint research in the Baltic Sea by the Atlantic Branch of the VNIRO and the Atlantic Branch of the Shirshov Institute of Oceanology of the RAS

Konstantin V. Bandurin¹, Vadim V. Sivkov², Sergey V. Aleksandrov^{1,2}, Aleksandr G. Arkhipov¹

¹ Atlantic branch of «VNIRO» («AtlantNIRO»), 5, Dm. Donskoy str., Kaliningrad, 236022, Russia

² P.P. Shirshov Institute of Oceanology RAS («IO RAS»), 36, Nakhimovskiy prospect, Moscow, 117997, Russia

The aim: complex study of the Baltic Sea ecosystem, including the habitat conditions of aquatic biological resources based on the results of joint research by AtlantNIRO and the P.P. Shirshov Institute of Oceanology RAS (Atlantic Branch).

Methods used: analysis of long-term data of joint expeditionary research in the open part and coastal zone of the Baltic Sea.

Results: owing to the interaction of AtlantNIRO with AB IO RAS in 2018–2022, the continuity of long-term observations has been preserved and the volume of scientific information necessary for assessing the state of the habitat of aquatic biological resources in the Russian sectors of the Baltic Sea has been increased. Modern data on eutrophication and pollution, on distribution of phytoplankton, zooplankton, benthos, as well as the early ontogenetic stages of the main commercial fish have been obtained. The spatial distribution of plankton and benthic communities, including areas favorable for spawning and feeding of fish, has been detailed. A rather high contamination of bottom sediments with radionuclides in certain areas of the Baltic Sea, primarily in the Gulf of Finland, has been found.

Practical significance: the implementation of the areas provided by the Agreement between Rosrybolovstvo and RAS, and above all, the participation of AtlantNIRO scientific groups in expeditions in the Baltic Sea in 2018–2022, was a significant addition to the annual research and state monitoring of aquatic biological resources and their habitats conducted by VNIRO in the Baltic Sea.

Keywords: Baltic Sea, joint research, marine expeditions, habitat of aquatic biological resources.

ВВЕДЕНИЕ

Внутриконтинентальное солоноватоводное Балтийское море характеризуется медленным водообменом с Атлантическим океаном, придонной гипоксией и аноксией, низким биоразнообразием и, как следствие, высокой уязвимостью морской экосистемы при изменении природных условий, в том числе в результате антропогенного воздействия (рыболовство, транспорт, недропользование, рекреация). В настоящее время эвтрофирование и массовое развитие токсичных видов сине-зелёных водорослей являются важнейшей экологической проблемой Балтийского моря [HELCOM, 2013]. Кроме того, Балтийское море по-прежнему является одним из самых загрязнённых морей в мире по содержанию в донных осадках техногенных радионуклидов (^{137}Cs).

Российские сектора Балтийского моря расположены в Юго-Восточной Балтике (в основном, в Гданьском бассейне) и в восточной части Финского залива (рис. 1). Они подвержены активному антропогенному воздействию, в частности, из-за поступления за-

грязняющих веществ со стоком крупных рек (Висла, Неман, Нева) и из городских агломераций [HELCOM, 2013].

Атлантический филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АтлантНИРО») и Атлантическое отделение Института океанологии им. П. П. Ширшова РАН имеют давнюю плодотворную историю сотрудничества в Балтийском море, в частности, оно реализовалось в 2005–2006 гг. в экспедициях АтлантНИРО по проекту строительства подводного газопровода «Северный поток-1».

В последние годы по ряду объективных причин количество экспедиционных исследований Росрыболовства в Балтийском море уменьшилось, что снизило объём информации, требуемой для оценки экологического состояния моря, тенденций изменения и прогноза запасов промысловых видов рыб, включая условия среды обитания водных биологических ресурсов (ВБР). Соглашение о сотрудничестве между Росрыболовством и РАН от 06.09.2018 стало важным шагом в направлении решения проблемы дефицита исследований, а также оптимизации финансовых

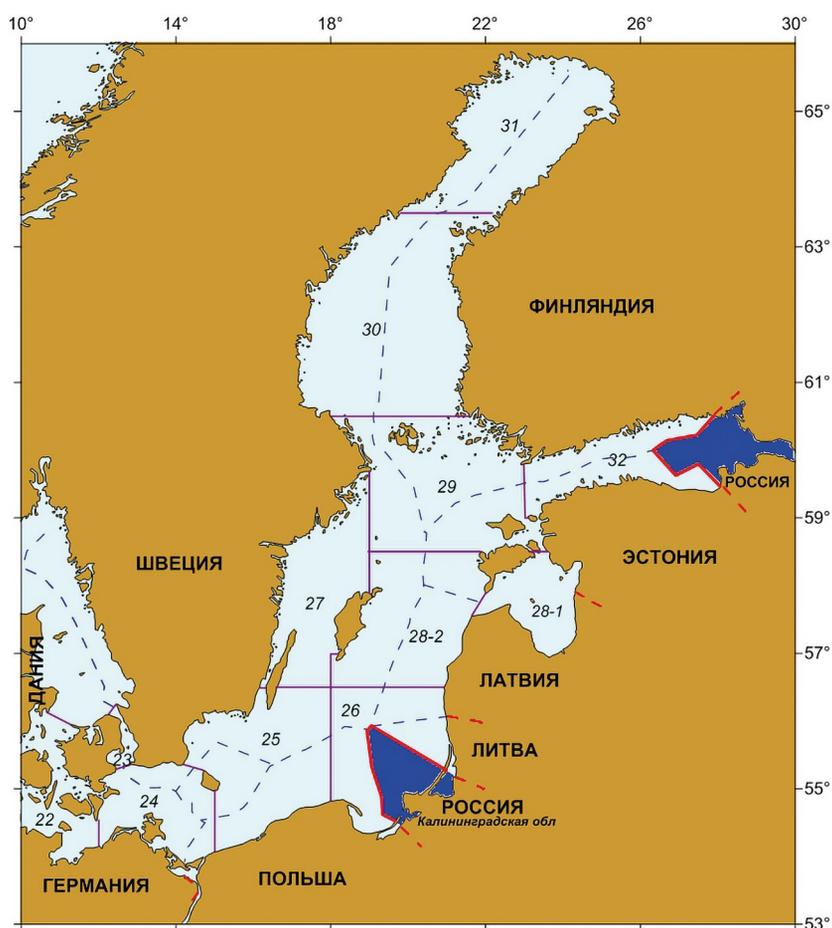


Рис. 1. Российские сектора в Балтийском море (выделены цветом). Номерами обозначены промысловые подрайоны ИКЕС

Fig. 1. Russian sectors in the Baltic Sea (highlighted in color). The ICES fishing subareas are numbered

и материальных затрат, повышения уровня научно-обобщения получаемых результатов. Соглашение предполагает совместное проведение фундаментальных и экспериментальных исследований с применением передовых инновационных технологий для изучения ВБР разных районов Мирового океана. В контексте данного соглашения находится договор между

АтлантНИРО и АО ИО РАН от 14.06.2018 о совместной научной деятельности в Балтийском море.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

В 2018–2022 гг. на судах ИО РАН в Балтийском море было проведено 6 совместных экспедиций (табл., рис. 2), в ходе которых было выполнено

Табл. Исследования на судах ИО РАН с участием АтлантНИРО
Table. Research aboard the vessels of OI RAS with the participation of AtlantNIRO

Номер рейса, судно	Период	Районы работ	Станций (РФ / другие)
43 НИС «Академик Борис Петров»	21–30.07.2018	Российский сектор в Юго-Восточной Балтике	31 / –
45 НИС «Академик Борис Петров»	13–22.07.2019	Российский сектор в Юго-Восточной Балтике	32 / –
55 ПС «Академик Иоффе»	29.06–15.07.2020	Российские сектора в Юго-Восточной Балтике и Финском заливе, ИЭЗ Швеции и Финляндии	32 / 9
56 ПС «Академик Иоффе»	18–28.08.2020	Российский сектор в Юго-Восточной Балтике, ИЭЗ Польши и Швеции	10 / 19
51 ПС «Академик Сергей Вавилов»	30.06–14.07.2021	Российские сектора в Юго-Восточной Балтике и Финском заливе, ИЭЗ Швеции	45 / 12
61 ПС «Академик Иоффе»	28.06–12.07.2022	Российский сектор в Юго-Восточной Балтике	49 / –

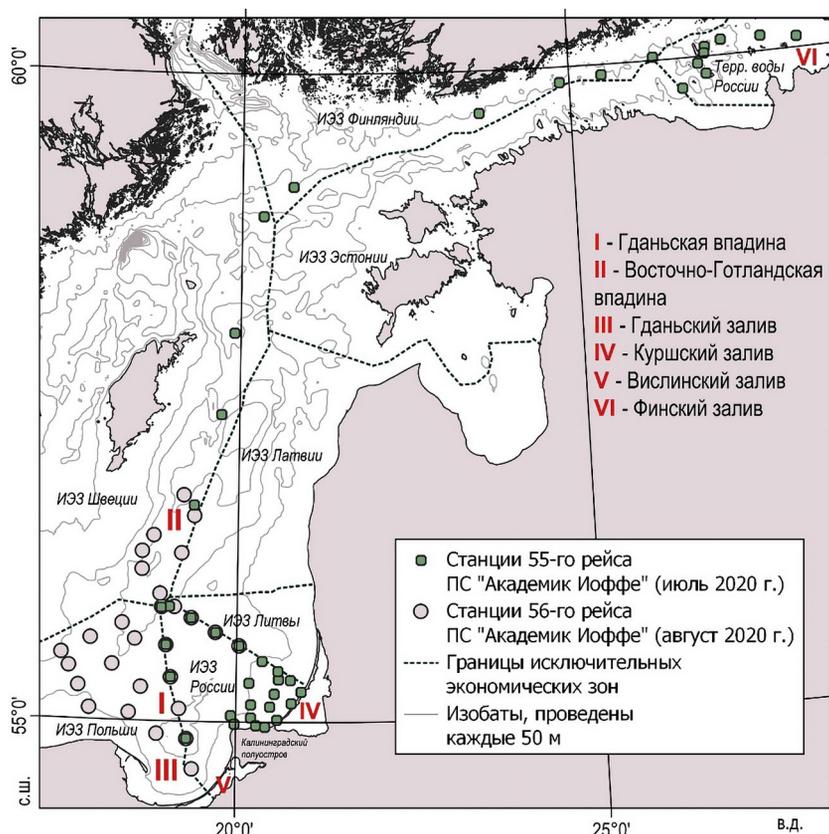


Рис. 2. Пример покрытия океанографическими станциями района исследований в Балтийском море в 55, 56-й рейсах ПС «Академик Иоффе» в июле и августе 2020 г.

Fig. 2. An example of oceanographic stations covering the study area in the Baltic Sea during the 55th and 56th cruises of the P/V «Akademik Ioffe» in July and August 2020

239 комплексных океанологических станций, в том числе 40 в ИЭЗ иностранных государств [Крек и др., 2019, 2021; Ульянова и др., 2020, 2022 а, б, 2023].

Основными задачами АтлантНИРО в этих экспедициях было получение данных по состоянию среды обитания ВБР, включая кормовую базу, эвтрофирование и загрязнение воды и донных осадков, а также изучение основных промысловых пелагофильных и донных рыб в раннем онтогенезе (эмбрионы, личинки). Для решения этих задач отбирали пробы планктона (зоопланктон, ихтиопланктон, фитопланктон, пигменты фитопланктона) и зообентоса, воды и донных осадков. Отбор проб, их анализ и последующая камеральная обработка результатов выполнялась по стандартным методикам.

Пробы воды для исследования фитопланктона отбирали пластиковыми батометрами с заданных горизонтов. Содержание хлорофилла *a* в планктоне определяли спектрофотометрическим методом. Зоопланктон отбирали сетью Джели (ячей 64 мкм), а ихтиопланктон – сетью ИКС-80 (ячей 333 мкм). Зообентос собирали дночерпателем Ван-Вина. Большинство организмов фитопланктона, зоопланктона, зообентоса, ихтиопланктона идентифицировали до вида с использованием стереомикроскопов Nikon и Olympus и современных определителей и атласов. Техногенные¹³⁷Cs и природные радионуклиды²²⁶Ra, ²³²Th, ⁴⁰K в воде и донных осадках определяли радиохимическим методом или с использованием селективного сорбента в аккредитованном лабораторном центре АтлантНИРО.

Особое внимание было уделено исследованию в российском секторе Юго-Восточной Балтики, где ежегодно выполнялось от 24 до 33 комплексных океанологических станций. Координаты большинства станций были постоянными, что позволило получить осреднённые оценки исследуемых показателей с учётом межгодовой изменчивости. Исследования охватывали всю российскую акваторию, что позволило выявить пространственную изменчивость изучаемых показателей. Стали регулярными исследования российского сектора Финского залива, где выполняли от 8 до 18 станций. В 2020 и 2021 гг. работы также были проведены за пределами ИЭЗ Российской Федерации – на осевом разрезе Балтийского моря от Гданьского бассейна до Финского залива между российскими секторами. В ИЭЗ Швеции, Польши и Финляндии было выполнено 23, 12 и 5 комплексных станций соответственно, что позволило получить фоновые данные для сопредельных районов, которые оказывают влияние на состояние среды обитания ВБР в российских секторах.

Наряду с изучением открытого моря проводили совместные исследования в береговой зоне Калининградского полуострова и Калининградском (Вислинском) и Куршском заливах. Обобщали данные, полученные партнёрами в предыдущие годы. В частности, был выполнен комплексный анализ многолетних гидрологических, гидрохимических (биогенные элементы и др.) и биологических (хлорофилл, видовой состав и биомасса фитопланктона, первичная продукция) данных, полученных за период 2003–2015 гг. Дистанционные спутниковые измерения хлорофилла использовали в качестве дополнительной информации для оценки состояния среды обитания ВБР в Балтийском море, Куршском и Вислинском заливах.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Экспедиционные исследования открытого моря в 2018–2022 гг. Как известно, летом зоопланктон и зообентос характеризуются высоким обилием, что позволяет использовать этот период как индикаторный для оценки состояния среды обитания ВБР, включая кормовую базу рыб. Поэтому летний период характеризуется наибольшей полнотой данных, фактически ежегодных наблюдений АтлантНИРО с 1998 г. Выполненные в 2018–2022 гг. исследования (табл. 1) подтвердили ранее выявленные закономерности, позволив значительно детализировать пространственное распределение планктонных и бентосных сообществ.

Согласно полученным результатам [Александров и др., 2023], для Гданьского и Финского заливов характерен повышенный уровень обилия и продуктивности фитопланктона и зоопланктона, особенно в прибрежной эвтрофной зоне. Отмечено превышение целевого значения эвтрофирования вод (по хлорофиллу), предусмотренного Планом действия по Балтийскому морю для достижения «хорошего экологического статуса» [HELCOM, 2013].

В калининградском секторе обилие зоопланктона было близко к среднемноголетнему уровню за 25-летний период, что свидетельствует об удовлетворительной пищевой обеспеченности планктофагов и молоди рыб. Район наибольшей численности и биомассы зоопланктона и зообентоса простирался от побережья до глубин 40–60 м. Глубже 70–80 м располагалась зона бентической «пустыни» (аноксии). Вместе с тем, за пределами Гданьской впадины, на склоне Восточно-Готландской впадины (рис. 2), благодаря придонному течению североморских вод характерно присутствие кислорода на глубинах 80–100 м, что обуславливает локальное развитие бентосного сообщества, в том числе моллюсков *Astarte borealis* с био-

массой до 20 г/м² [Krek et al., 2021]. Это обусловило необходимость выделения на российской акватории двух участков для характеристики распределения зообентоса и кормовых условий для рыб-бентофагов: первый приурочен к Гданьскому заливу от побережья Калининградской области до глубин 70 м, второй – к склону Восточно-Готландской впадины (Гданьско-Готландскому порогу) с глубинами более 80 м [Александров и др., 2023]. Кормовая значимость Гданьско-Готландского порога не очень высока, но этот район имеет значение для нереста и развития молоди донных видов рыб (треска, камбала).

Оценки численности ихтиопланктона на ранних онтогенетических стадиях принято рассматривать как независимый от промысла показатель нерестового запаса и индикатор успешности размножения рыб в районе исследований. В совместных экспедициях были получены данные о численности и пространственном распределении икры и личинок массовых видов рыб (треска, шпрот) в глубоководных районах и личинок мелких донных видов рыб в прибрежной мелководной зоне Балтийского моря [Карасева и др., 2020 а]. В частности, в 2015–2017 гг. после длительного периода низкой численности икры донных рыб (2004–2014 гг.) наблюдалось значительное увеличение численности икры и личинок балтийской трески *Gadus morhua callarias*, а с 2016 г. также и речной камбалы *Platichthys flesus*, что было следствием проникновения с конца 2014 г. по начало 2016 г. солёных и насыщенных кислородом вод североморских адвекций. В 2019 г. впервые за многолетний период наблюдений было отмечено нетипичное распределение икры трески и шпрота с преобладанием их скоплений в северной части района (Южно-Готландская впадина), с заметно более низкой численностью в Гданьском районе, что, по-видимому, определялось условиями абиотической среды и особенностям миграционного поведения. Были охарактеризованы значимые для выживания икры и личинок трески параметры среды (солёность, температура, содержание кислорода), что позволяет оценивать мощность слоя, пригодного для размножения трески [Карасева и др., 2020б].

Проведённые в июле-августе 2020 г. исследования по осевому разрезу Балтийского моря, включая ИЭЗ Швеции и Финляндии, дополнили информацию о содержании радионуклидов в экосистеме Балтики. Значимых различий в загрязнении воды ¹³⁷Cs в разных подрайонах Балтийского моря не выявлено [Васюкевич, Нитиевская, 2021]. С 1990-х гг. наблюдается общая тенденция уменьшения ¹³⁷Cs в воде, в частности, с 1997 г. в юго-восточной части Балтийского моря она снизилась в 3 раза. Для донных осадков выявляе-

но неравномерное загрязнение. Наибольшее количество ¹³⁷Cs и ²²⁶Ra сосредоточено в Финском заливе, а также в Восточно-Готландской и Гданьской впадинах. Аномально высокие величины этих радионуклидов, предположительно техногенного происхождения, были выявлены в донных осадках Финского залива вблизи атомной станции.

Анализ многолетних данных по первичной биологической продуктивности. В основе функционирования водных экосистем лежит первичная продукция фитопланктона, которая определяет поток энергии, что позволяет проводить анализ функционирования трофической сети, в частности, при разработке методов прогноза рыбопродуктивности.

В ходе совместных исследований в калининградском секторе Балтийского моря за период 2003–2015 гг. выявлены закономерности пространственной и сезонной динамики эвтрофирования и биологической продуктивности вод [Кудрявцева и др., 2018; Kudryavtseva et al., 2019]. Показано, что состав и сезонная сукцессия фитопланктона согласуются с общими тенденциями для Балтийского моря. Продуктивность прибрежного района соответствует концентрации биогенных элементов (фосфатов) в морских водах и обычно находится на эвтрофном уровне. Весной и летом наблюдаются массовое развитие водорослей и высокая первичная продукция. Эвтрофирование вод с повышенными величинами концентрации биогенных элементов, фитопланктона и первичной продукции особенно выражено вдоль северного побережья Калининградского п-ова.

Исследования в прибрежной зоне позволили описать закономерности сезонного распределения первичной продукции и хлорофилла под влиянием гидрофизических условий. На основе этого был предложен алгоритм расчёта первичной продукции, который учитывает вертикальный профиль хлорофилла и распределение подводной фотосинтетически активной радиации. В отличие от других моделей, разработанных для Балтийского моря, он не занижает оценки первичной продукции в тёплый период года [Кудрявцева и др., 2022]. Поскольку экспедиционные исследования ограничены по срокам и площадям проведения работ, то в модели могут использоваться измерения, прежде всего, хлорофилла, получаемые по данным спутникового дистанционного зондирования. По результатам совместных сезонных исследований в 2019 г. в юго-восточной части Балтийского моря была проведена региональная коррекция алгоритмов расчёта хлорофилла *a* по данным современных спутниковых радиометров VIIRS и OLCI [Гоголев и др., 2020].

Исследования береговой зоны моря и Куршского залива. В Калининградской области создано и продолжает расширяться первое в России подземное хранилище газа. С 2018 г. морская вода для размыва пластов каменной соли закачивается из Балтийского моря, а полученный рассол сбрасывается обратно в море, солёность которого на порядок меньше. Исследования показали, что рассол не содержит опасных загрязняющих веществ, а локальное увеличение солёности прибрежных вод благоприятно сказывается на развитии зообентоса. На северном побережье Калининградского п-ова образовался своеобразный бентический «оазис» [Krek et al., 2022], который имеет локальную кормовую значимость.

Мелководные Куршский и Вислинский (Калининградский) заливы имеют высокую рыбопродуктивность, но одновременно относятся к самым высокоэвтрофным водоёмам Европы. Сопоставление экспедиционных данных АтлантНИРО и АО ИО РАН по этим заливам за 2022 г. с данными спутникового спектрометра OLCI позволило получить более объективную картину сезонной и пространственной динамики биопродуктивности вод с учётом сопредельных акваторий Польши и Литвы. Однако заложенный алгоритм расчёта данных OLCI занижает значения концентрации хлорофилла, поэтому необходима региональная коррекция алгоритмов расчёта для этих заливов [Александров и др., 2022].

В Куршском заливе периодически наблюдается «гиперцветение» воды, которое оказывает неблагоприятное воздействие на прибрежную зону, где может происходить локальный замор [Aleksandrov et al., 2018]. В последние годы выявлено снижение эвтрофирования, в частности, в 2022 г. «гиперцветение» отсутствовало. Гидрохимические, гидробиологические и микробиологические исследования вдоль побережья Национального парка «Куршская коса» показали, что в годы отсутствия массового развития сине-зелёных водорослей прибрежная зона залива характеризуется хорошими условиями для рыбохозяйственного (воспроизводство рыб и др.) и рекреационного использования [Александров и др., 2023].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, реализация Соглашения о сотрудничестве между Росрыболовством и РАН и договор о сотрудничестве между АтлантНИРО и АО ИО РАН позволили получить заметное дополнение к ежегодным исследованиям и государственному мониторингу ВБР и среды их обитания, проводимым ВНИРО в Балтийском море.

В 2018–2022 гг. произошла заметная активизация исследований в юго-восточной части Балтийского моря и Финском заливе, а также в ИЭЗ Польши, Швеции, Финляндии. Сохранена непрерывность рядов многолетних наблюдений. Получены современные данные по состоянию среды обитания ВБР, включая кормовую базу (фитопланктон, зоопланктон, бентос), эвтрофирование и химическое загрязнение, а также о состоянии основных промысловых рыб в раннем онтогенезе.

Детализировано пространственное распределение планктонных и бентосных сообществ, в том числе районов, благоприятных для нереста и питания рыб. Уточнены закономерности сезонной динамики фитопланктона и зоопланктона, биологической продуктивности, эвтрофирования вод в калининградском секторе Балтийского моря. Получены новые данные о влиянии придонных североморских вод на развитие бентоса, что имеет важное практическое значение для выделения районов, благоприятных для воспроизводства рыб.

Подтверждено, что в российских секторах Балтийского моря эвтрофирование вод может превышать целевое значение, предусмотренное Планом действия по Балтийскому морю для достижения «хорошего экологического статуса».

Показано относительно высокое загрязнение радионуклидами донных осадков в отдельных районах Балтийского моря, прежде всего в Финском заливе.

Полученный опыт совместных работ в Балтийском море создаёт перспективы расширения научного сотрудничества и экспедиционных работ на другие районы Атлантического океана.

Благодарности

Авторы благодарят сотрудников АтлантНИРО и АО ИО РАН, принимавших участие в совместных экспедиционных исследованиях и подготовке материалов к данной статье.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов при подготовке статьи.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Исследования выполнены в рамках госзадания ФГБНУ «ВНИРО» № 076–00004–23–00 и госзадания ИО РАН (тема № FMWE-2021–0012).

ЛИТЕРАТУРА

- Александров С.В., Гусев А.А., Семенова А.С.* 2023. Планктонные и бентосные сообщества юго-восточной части Балтийского моря в летний период 2018–2019 гг. // *Океанологические исследования*. № 51 (1). С. 91–113. DOI 10.29006/1564–2291.JOR-2023.51(1).5.
- Александров С.В., Горбунова Ю.А., Коробченкова К.Д.* 2022. Пространственная и сезонная динамика концентрации хлорофилла в Вислинском и Куршском заливах в 2022 году как основа для дистанционного мониторинга эвтрофирования вод // *Труды АтлантНИРО*. Том 6. № 2 (14). С. 65–83.
- Александров С.В., Смирнова М.М., Сташко А.В.* 2023. Экологические условия в прибрежной зоне Куршского залива в отсутствие «гиперцветения» вод // *Известия КГТУ*. № 68. С. 11–23. DOI 10.46845/1997–3071–2023–68–11–23.
- Гоголев Д.Г., Буканова Т.В., Александров С.В.* 2020. Региональная коррекция алгоритмов расчета концентрации хлорофилла «а» по данным спутниковых радиометров VIIRS и OLCIV в юго-восточной части Балтийского моря // *Известия КГТУ*. № 59. С. 13–23. DOI 10.46845/1997–3071–2020–59–13–23.
- Васюкевич Т.А., Нитиевская Л.С.* 2021. Радиоактивность воды и донных осадков Балтийского моря в июле-августе 2020 года // *Труды АтлантНИРО*. Т. 5. № 1(11). С. 28–36.
- Карасева Е.М., Архипов А.Г., Ежова Е.Е.* 2020 а. Ихтиопланктон Юго-Восточной Балтики в летний сезон: современные изменения в распределении и численности икры и личинок массовых видов рыб // *Труды ВНИРО*. Т. 181. С. 165–177. DOI 10.36038/2307–3497–2020–181–165–177.
- Карасева Е.М., Ежова Е.Е., Кречик В.А.* 2020 б. Влияние абиотических факторов среды на численность икры и личинок трески в юго-Восточной Балтике в 2016 г // *Океанология*. Т. 60, № 5. С. 729–739. DOI 10.31857/S0030157420040115.
- Крек А.В., Крек Е.В., Ежова Е.Е., Пака В.Т., Кондрашов А.А., Данченков А.Р., Багиров Н.Э., Кудрявцева Е.А., Бубнова Е.С., Сергеев А.Ю., Александров С.В.* 2021. Экспедиционные исследования в Балтийском море в 55-м рейсе ПС «Академик Иоффе» // *Океанология*. Т. 61, № 4. С. 662–665. DOI:10.31857/S0030157421040067.
- Крек А.В., Ульянова М.О., Бубнова Е.С., Ежова Е.Е.* 2019. Результаты мониторинга пространственно-временных изменений экосистемы Балтийского моря в 2018 г. (43-й рейс НИС «Академик Борис Петров») // *Итоги экспедиционных исследований в 2018 году в Мировом океане, внутренних водах и на архипелаге Шпицберген*. Мат. конф. Севастополь: ИМБИ. С. 94–99.
- Кудрявцева Е.А., Александров С.В., Дмитриева О.А.* 2018. Сезонная изменчивость первичной продукции и состава фитопланктона в береговой зоне российского сектора Гданьского бассейна Балтийского моря // *Океанологические исследования*. Т. 46, № 3. С. 99–115. DOI 10.29006/1564–2291.JOR-2018.46(3).7.
- Кудрявцева Е.А., Буканова Т.В., Александров С.В.* 2022. Верификация алгоритма расчёта первичной продукции для юго-восточной части Балтийского моря по судовым и спутниковым данным // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. Т. 19. № 4. С. 59–74. DOI 10.21046/2070–7401–2022–19–4–59–74.
- Ульянова М.О., Крек А.В., Крек Е.В., Данченков А.Р., Кречик В.А., Ежова Е.Е., Полунина Ю.Ю., Ланге Е.К., Рябчук Д.В.* 2020. Результаты мониторинга пространственно-временных изменений экосистемы Балтийского моря в 2019 г. (39-й рейс НИС «Академик Николай Страхов» и 45-й рейс «Академик Борис Петров») // *Итоги экспедиционных исследований в 2019 году в Мировом океане, внутренних водах и на архипелаге Шпицберген*. Мат. конф. Севастополь: ИМБИ. С. 98–102.
- Ульянова М.О., Сивков В.В., Александров С.В., Бубнова Е.С., Гусев А.А., Дорохова Е.В., Ежова Е.Е., Еремينا Т.Р., Капустина М.В.* 2023. Исследования Балтийского моря в 61-м рейсе НИС «Академик Иоффе» // *Океанология*. 2023. Т. 63. № 5. С. 862–864. DOI 10.31857/S0030157423050180.
- Ульянова М.О., Сивков В.В., Баширова Л.Д., Капустина М.В., Бубнова Е.С., Данченков А.Р., Ежова Е.Е., Кречик В.А., Еремينا Т.Р.* 2022 а. Океанологические исследования Балтийского моря в 51-м рейсе ПС «Академик Сергей Вавилов» (июнь–июль 2021 г.) // *Океанология*. Т. 62. № 4. С. 667–669. DOI 10.31857/S003015742204013X
- Ульянова М.О., Сивков В.В., Баширова Л.Д., Крек А.В., Бубнова Е.С., Дорохов Д.В., Дорохова Е.В., Кречик В.А.* 2022б. Океанологические исследования Балтийского моря в 56-м рейсе ПС «Академик Иоффе» // *Океанология*. Т. 62. № 1. С. 162–164 DOI 10.31857/S00301574220101.
- Aleksandrov S., Krek A., Bubnova E., Danchenkov A.* 2018. Eutrophication and effects of algal bloom in the south-western part of the Curonian Lagoon alongside the Curonian Spit (Russia) // *Baltica*. V. 31. № 1. P. 1–12. DOI 10.5200/baltica.2018.31.01.
- HELCOM* 2013. Eutrophication in the Baltic Sea – Approaches and methods for eutrophication target setting in the Baltic Sea region. *Baltic Sea Environ. Proc.* No. 133. 134 p.
- Krek A., Gusev A., Krek E., Krechik V., Kapustina M., Kondrashov A., Dudkov I.* 2021. The pathway of the water exchange over the Gdańsk-Gotland Sill of the Baltic Sea and its impact on habitat formation during the stagnation period // *Oceanology*. V. 63. № 2. P. 163–178. DOI 10.1016/j.oceano.2020.11.003.
- Krek A., Gusev A., Krek E., Mikhnevich G., Danchenkov A.* 2022. Impact of the brine discharge on the bottom ecosystem of the Sambia Peninsula coast (South-Eastern Baltic Sea) // *Regional Studies in Marine Science*. V. 56. 102673. DOI 10.1016/j.rsma.2022.102673.
- Kudryavtseva E., Aleksandrov S., Bukanova T., Dmitrieva O., Rusanov I.* 2019. Relationship between seasonal variations of primary production, abiotic factors and phytoplankton composition in the coastal zone of the south-eastern part of the Baltic Sea // *Regional Studies in Marine Science*. V. 32. 100862. DOI 10.1016/j.rsma.2019.100862.

REFERENCES

- Aleksandrov S.V., Gusev A.A., Semenova A.S.* 2023. Planktonic and benthic communities of the southeastern part of the Baltic Sea in the summer period 2018–2019 // *J. of Oceanological research*. № 51 (1). С. 91–113. DOI 10.29006/1564–2291.JOR-2023.51(1).5. (In Russ.).

- Aleksandrov S.V., Gorbunova Yu.A., Korobchenkova K.D.* 2022. Spatial and seasonal dynamics of chlorophyll concentration in the Vistula and Curonian Lagoons in 2022 as a basis for remote monitoring of water eutrophication // *Trudy AtlantNIRO*. V. 6, № 2(14). P. 65–83. (In Russ.).
- Aleksandrov S.V., Smirnova M.M., Stashko A.V.* 2023. Ecological conditions in the coastal zone of the Curonian Lagoon in the absence of «hyperbloom» of waters // *Izvestiya KSTU*. № . 68. P. 11–23. DOI 10.46845/1997–3071–2023–68–11–23. (In Russ.).
- Gogolev D.G., Bukanova T.V., Aleksandrov S.V.* 2020. Regional correction of algorithms for calculating the concentration of chlorophyll «a» according to the data of satellite radiometers VIIRS and OLCIB in the southeastern part of the Baltic Sea // *Izvestiya KSTU*. № . 59. P. 13–23. DOI 10.46845/1997–3071–2020–59–13–23. (In Russ.).
- Vasyukevich T.A., Nitievskaya L.S.* 2021. Radioactivity of water and bottom sediments of the Baltic Sea in July-August 2020 // *Trudy AtlantNIRO*. V. 5, № 1 (11). P. 28–36. (In Russ.).
- Karaseva E.M., Arkhipov A.G., Ezhova E.E.* 2020a. Ichthyoplankton of the South-East Baltic in the summer season: current changes in the distribution and abundance of eggs and larvae of common fish species // *Trudy VNIRO*. V. 181. P. 165–177. DOI 10.36038/2307–3497–2020–181–165–177. (In Russ.).
- Karaseva E.M., Ezhova E.E., Krechik V.A.* 2020b. Influence of abiotic environmental factors on the abundance of cod eggs and larvae in the southeastern Baltic in 2016 // *Oceanology*. V. 60, № 5. P. 729–739. DOI 10.31857/S0030157420040115.. (In Russ.).
- Krek A.V., Krek E.V., Ezhova E.E., Paka V.T., Kondrashov A.A., Danchenkov A.R., Bagirov N.E., Kudryavtseva E.A., Bubnova E.S., Sergeev A.YU., Aleksandrov S.V.* 2021. Field Research in the Baltic Sea on Cruise 55 of the P/V «Akademik Ioffe» // *Oceanology*. V. 61, № 4. P. 581–583. DOI 10.1134/S0001437021040068.
- Krek A.V., Ulyanova M.O., Bubnova E.S., Ezhova E.E.* 2019. Results of monitoring spatio-temporal changes in the Baltic Sea ecosystem in 2018 (cruise 43 of the R/V «Akademik Boris Petrov») // Results of expeditionary research in 2018 in the World Ocean, inland waters and on the Spitsbergen archipelago. Conf. Mater. Sevastopol: IMBI. 2019. P. 94–99. (In Russ.).
- Kudryavtseva E.A., Aleksandrov S.V., Dmitrieva O.A.* 2018. Seasonal variability of primary production and composition of phytoplankton in the coastal zone of the Russian sector of the Gdansk basin of the Baltic Sea // *Okeanologicheskie issledovaniya*. V. 46, № . 3. P. 99–115. DOI 10.29006/1564–2291.JOR-2018.46(3).7 (In Russ.).
- Kudryavtseva E.A., Bukanova T.V., Aleksandrov S.V.* 2022. Verification of the algorithm for calculating primary production for the southeastern part of the Baltic Sea using ship and satellite data // *Modern problems of remote sensing of the Earth from space*. V. 19. № 4. P. 59–74. DOI 10.21046/2070–7401–2022–19–4–59–74. (In Russ.).
- Ulyanova M.O., Krek A.V., Krek E.V., Danchenkov A.R., Krechik V.A., Ezhova E.E., Polunina Yu., Lange E.K., Ryabchuk D.V.* 2020. Results of monitoring spatio-temporal changes in the Baltic Sea ecosystem in 2019 (cruise 39 of the R/V «Akademik Nikolai Strakhov» and cruise 45 of the «Akademik Boris Petrov») // Results of expeditionary research in 2019 in the World Ocean, inland waters and in the Spitsbergen archipelago. Conf. mater. Sevastopol: IMBI. P. 98–102.
- Ulyanova M.O., Sivkov V.V., Aleksandrov S.V., Bubnova E.S., Gusev A.A., Dorohova E.V., Ezhova E.E., Eremina T.R., Kapustina M.V.* 2023. Exploration of the Baltic Sea on the 61st voyage of the R/V «Akademik Ioffe» // *Oceanology*. V. 63. № 5. P. 862–864 DOI 10.31857/S0030157423050180
- Ulyanova M.O., Sivkov V.V., Bashyrova L.D., Kapustina M.V., Bubnova E.S., Danchenkov A.R., Ezhova E.E., Krechik V.A., Eremina T.R.* 2022 a. Oceanological Research in the Baltic Sea during the 56th Cruise of the Passenger Vessel «Akademik Ioffe» // *Oceanology*. V. 62. № 1. P. 136–138. DOI 10.1134/S0001437022010167.
- Ulyanova M.O., Sivkov V.V., Bashirova L.D., Krek A.V., Bubnova E.S., Dorohov D.V., Dorohova E.V., Krechik V.A.* 2022 b. Oceanological research of the Baltic Sea in the cruise 51 of the P/V «Akademik Sergey Vavilov» (June–July 2021) // *Oceanology*. Vol. 62, № . 4. P. 667–669. DOI 10.31857/S003015742204013X
- Aleksandrov S., Krek A., Bubnova E., Danchenkov A.* 2018. Eutrophication and effects of algal bloom in the south-western part of the Curonian Lagoon alongside the Curonian Spit (Russia) // *Baltica*. V. 31. № 1. P. 1–12. DOI 10.5200/baltica.2018.31.01
- HELCOM* 2013. Eutrophication in the Baltic Sea – Approaches and methods for eutrophication target setting in the Baltic Sea region. *Baltic Sea Environ. Proc.* No. 133. 134 p.
- Krek A., Gusev A., Krek E., Krechik V., Kapustina M., Kondrashov A., Dudkov I.* 2021. The pathway of the water exchange over the Gdańsk-Gotland Sill of the Baltic Sea and its impact on habitat formation during the stagnation period // *Oceanology*. V. 63. № . 2. P. 163–178. DOI 10.1016/j.oceano.2020.11.003.
- Krek A., Gusev A., Krek E., Mikhnevich G., Danchenkov A.* 2022. Impact of the brine discharge on the bottom ecosystem of the Sambia Peninsula coast (South-Eastern Baltic Sea) // *Regional Studies in Marine Science*. V. 56. 102673. DOI 10.1016/j.rsma.2022.102673
- Kudryavtseva E., Aleksandrov S., Bukanova T., Dmitrieva O., Rusanov I.* 2019. Relationship between seasonal variations of primary production, abiotic factors and phytoplankton composition in the coastal zone of the south-eastern part of the Baltic Sea // *Regional Studies in Marine Science*. V. 32. 100862. DOI 10.1016/j.rsma.2019.100862.

*Поступила в редакцию 15.05.2023 г.
Принята после рецензии 31.07.2023 г.*