

УДК 551.35,551.46

ЭКСПЕДИЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В БАЛТИЙСКОМ МОРЕ В 55-М РЕЙСЕ ПС “АКАДЕМИК ИОФФЕ”

© 2021 г. А. В. Крек¹, Е. В. Крек¹, *, Е. Е. Ежова¹, В. Т. Пака¹,
А. А. Кондрашов¹, А. Р. Данченков¹, Н. Э. Багиров¹, Е. А. Кудрявцева¹,
Е. С. Бубнова¹, А. Ю. Сергеев², С. В. Александров³

¹Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия

²Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского,
Санкт-Петербург, Россия

³Атлантический филиал ФГБНУ “ВНИРО” (“АтлантНИРО”), Калининград, Россия

*e-mail: elenka_krek@mail.ru

Поступила в редакцию 09.02.2021 г.

После доработки 15.02.2021 г.

Принята к публикации 18.03.2021 г.

В 55-м рейсе ПС “Академик Иоффе” (29 июня–15 июля 2020 г.) получены новые данные по структуре водной толщи, верхнего слоя донных осадков и биологическим сообществам Гданьской, Готландской впадин и Финского залива Балтийского моря. Ниже перманентного галоклина было отмечено развитие гипоксических условий, нарушающееся на восточном склоне Готландской впадины затоковыми интрузиями с умеренным содержанием кислорода. В глубоководных частях Гданьской и Готландской впадин макрозообентос отсутствовал. В поверхностном слое моря по всему маршруту отмечено цианобактериальное цветение.

Ключевые слова: Балтийское море, затоковые интрузии, гипоксия, анаэробные условия, цианобактериальное цветение, макрозообентос, ленточные глины

DOI: 10.31857/S0030157421040067

В ходе 55-го рейса ПС “Академик Иоффе” (29 июня–15 июля 2020 г.) были выполнены комплексные исследования в Балтийском море, в том числе в Финском заливе (рис. 1). Целью экспедиции было получение комплексных сезонных данных о состоянии экосистемы Балтийского моря.

Гидрофизические работы включали STD-зондирования водной толщи от поверхности до дна на комплексных станциях и непрерывных разрезах на ходу судна. Интервал между точками зондирования на разрезах составлял около 1–2 миль, что позволило получить данные о структуре водной толщи и, в частности, о придонном слое, в высоком пространственном разрешении. В ходе работ использовались стандартные мультипараметрические зонды Idronaut.

Гидрохимические работы включали определение концентрации растворенного кислорода, сероводорода, кальция, магния, кремния и взвешенного вещества. Пробы воды отбирались при помощи гидрологического комплекса Hydrobios MWS12 Slimline.

Гидробиологические работы были направлены на изучение планктонных (фито-, зоо-, ихтио-

планктон, пигменты фитопланктона) и бентосных сообществ по стандартным методикам, принятым в ИО РАН. Первичную продукцию измеряли *in situ* на двух станциях, а также на борту судна, с имитацией условий *in situ* с использованием радиоуглеродной модификации скляночно-го метода.

Геоакустические работы включали съемку верхнего слоя донных осадков на акустическом полигоне (см. рис. 1) и попутные наблюдения параметрическим профилографом дна Innomar SES-2000 deep. По результатам геоакустической съемки верхнего слоя осадков в Финском заливе были выбраны станции отбора колонок донных осадков.

Геологические работы в Финском заливе были направлены на изучение процессов дегляциации в неоплейстоцене и голоценового седиментогенеза. В юго-восточной части Балтийского моря (российский сектор) исследования были направлены на изучение изменений окружающей среды под действием климатических и антропогенных факторов.

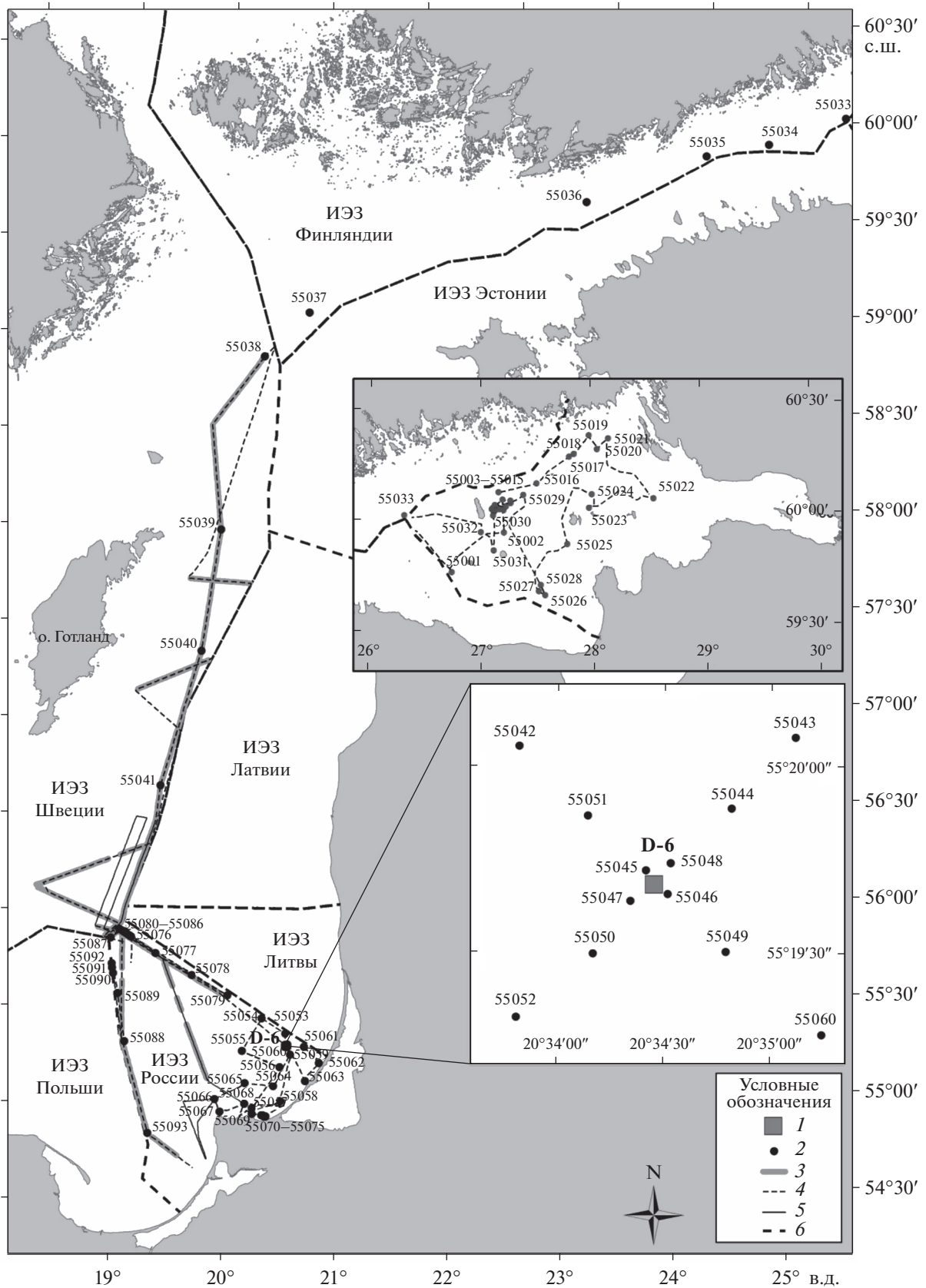


Рис. 1. Схема работ в 55-м рейсе ПС “Академик Иоффе”.

Условные обозначения: 1 – платформа D-6; 2 – станции; 3 – непрерывные гидрофизические разрезы; 4 – попутная запись SES-2000 deer; 5 – геоакустические галсы; 6 – границы исключительных экономических зон.

Предварительные результаты. Структура водной толщи Балтийского моря характеризовалась двумя слоями скачка плотности, соответствующими сезонному термоклину и перманентному галоклину/пикноклину. Отличительной особенностью структуры вод, не связанной с сезонной изменчивостью, является нарастающая гипоксия всей толщи вод ниже перманентного пикноклина: потребление кислорода в осолоненных/плотных водах в период после последнего большого затока происходит значительно быстрее, чем его поступление со слабыми затоковыми интрузиями, которые достаточно надежно определяются как области с умеренными, до 3.89 мг/л, концентрациями кислорода. Распространение затоковых интрузий носит изопикнический характер в диапазоне плотности σ_θ (7.2–7.9 кг/м³), соответствующем слою воды, расположенному непосредственно под перманентным пикноклином. Поступление этой воды происходит преимущественно из Слупского желоба, в котором постоянно сохраняется умеренное содержание кислорода. На трассе съемок признаки затоковых интрузий не наблюдались западнее 18.5° в.д. и севернее 56.4° с.ш.

По результатам гидрохимических анализов в придонном слое глубоководных впадин концентрация растворенного кислорода была близка к нулю, и развились анаэробные условия. Максимальное содержание сероводорода было отмечено у дна в центральной части Готландской впадины (1.6 мл/л на глубине 147 м). Следы сероводорода прослеживались на горизонтах более 75 м.

Концентрации биогенных элементов варьировали в пределах пространственной и сезонной изменчивости, характерной для Балтийского моря. Минимальные концентрации отмечались над термоклином как следствие вовлечения в биологический круговорот. В придонном слое концентрации биогенных элементов значительно возрастали, особенно в глубоководной центральной части моря.

Наибольшие концентрации хлорофилла “а” (1.55–6.63 мкг/л) были отмечены в фотическом слое. Лимитирование световых условий вело к уменьшению хлорофилла “а” в 2–3 раза над термоклином (на горизонте 15–25 м). В прибрежной зоне юго-восточной части Балтийского моря (глубины до 20 м) наблюдался эвтрофный уровень продуктивности вод, а за ее пределами – мезотрофный уровень.

От восточной части Финского залива до Гданьского бассейна регистрировались визуальные проявления поверхностного цианобактериального цветения, локализованного в верхнем квазиоднородном слое. В Финском заливе цветение находилось в начальной фазе, среди доминантных видов отмечен потенциально-токсичный *Aphanizomenon flosaquae*. В южных районах

Готландской впадины и в юго-восточной части Балтийского моря было отмечено цветение первой степени интенсивности, с доминированием *A. flosaquae* и токсичной *Nodularia spumigena*. Над Гданьской впадиной обнаружено нетипичное для данного сезона цветение диатомовых водорослей.

Зообентос в Финском заливе отличался низким таксономическим разнообразием, примерно на половине станций сообщество было представлено лишь двумя видами, морским тараканом *Saduria entomon* и полихетой *Marenzelleria arctica*. Разрез от центральной части Финского залива до юго-восточного склона Готландской впадины на глубинах 80–190 м характеризовался полным отсутствием макрофауны. На южном склоне Готландской впадины на глубине 106 м макробентос был представлен единичными особями полихеты *Scoloplos armiger*, толерантной к самому низкому содержанию растворенного кислорода. На Гданьско-Готландском пороге на глубинах около 80 м макробентос также не был найден. В более мелководных районах юго-восточной части Балтийского моря на глубинах 23–60 м было развито политопное сообщество с доминированием двустворчатого моллюска *Limecola balthica*. В прибрежной зоне у северного побережья Самбийского полуострова (10 м) подтверждены ранние наблюдения присутствия в бентосном сообществе двустворчатого моллюска – вселенца *Rangia cuneata*.

По результатам геоакустического профилирования были уточнены границы распространения конечно-моренных образований и водно-ледниковых отложений в Финском заливе. Грунтовыми колонками была вскрыта толща ленточных глин, для которых проведен анализ, позволивший установить смену проксимальных фаций на дистальные и уточнить механизм дегляциации впадины Финского залива в ходе последнего оледенения.

Благодарности. Авторы благодарят экипаж ПС “Академик Иоффе” за содействие в проведении научных работ.

Источники финансирования. Работы в центральной и юго-восточной частях Балтийского моря выполнялись в рамках темы № 0128-2021-0012 госзадания ИО РАН; гидробиологические работы – по темам №№ 0128-2021-0012 и 0149-2019-0008 госзадания ИО РАН; отбор колонок донных осадков и их геологическое описание в Финском заливе выполнялось в рамках проекта РФФИ № 19-05-00768, их аналитика выполнена при поддержке проекта РНФ № 17-77-20041; гидрофизические зондирования на разрезах – при поддержке проектов РФФИ №№ 18-05-80031 и 19-05-00962.

**Field Research in the Baltic Sea
during 55th Cruise of the P/V *Akademik Ioffe***

**A. V. Krek^a, E. V. Krek^{a, #}, E. E. Ezhova^a, V. T. Paka^a, A. A. Kondrashov^a, A. R. Danchenkov^a,
N. E. Bagirov^a, E. A. Kudryavtzeva^a, E. S. Bubnova^a, A. Yu. Sergeev^b, S. V. Aleksandrov^c**

^a*Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

^b*Russian Geological Research Institute, St. Petersburg, Russia*

^c*Atlantic branch of "VNIRO" ("AtlantNIRO"), Kaliningrad, Russia*

[#]*e-mail: elenka_krek@mail.ru*

New data on the structure of the water column, the upper layer of bottom sediments and biological communities of the Gdansk and Gotland Deeps and the Gulf of Finland of the Baltic Sea were obtained during the 55th cruise of the P/V *Akademik Ioffe* (June 29–July 15, 2020). The hypoxic conditions development below the permanent halocline was noted, yet it was disturbed on the eastern slope of the Gotland Basin by inflow intrusions with a moderate oxygen content. Macrozoobenthos was absent in the deep parts of the Gdansk and Gotland Deeps. Cyanobacterial bloom was noted in the sea surface layer during the entire expedition.

Keywords: the Baltic Sea, inflow intrusions, hypoxia, anaerobic conditions, cyanobacterial bloom, macrozoobenthos, varved clays