

УДК 551.35,551.46

## ЭКСПЕДИЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В БАЛТИЙСКОМ МОРЕ В 54-м РЕЙСЕ НИС “АКАДЕМИК СЕРГЕЙ ВАВИЛОВ”

© 2023 г. Д. В. Дорохов<sup>1, 2, \*</sup>, В. В. Сивков<sup>1, 2</sup>, С. А. Мошаров<sup>1</sup>, П. Б. Семенов<sup>3</sup>,  
Е. Е. Ежова<sup>1</sup>, А. А. Кондрашов<sup>1</sup>, Е. С. Бубнова<sup>1, 2</sup>, Е. П. Пономаренко<sup>1</sup>, М. А. Герб<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия

<sup>2</sup>Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград, Россия

<sup>3</sup>ФГБУ “ВНИИОкеангеология”, Санкт-Петербург, Россия

\*e-mail: d\_dorohov@mail.ru

Поступила в редакцию 24.01.2023 г.

После доработки 26.01.2023 г.

Принята к публикации 27.03.2023 г.

Приведены краткие результаты экспедиционных исследований в юго-восточной части Балтийского моря и Финском заливе в 54-м рейсе НИС “Академик Сергей Вавилов” (2022 г.). В рейсе проводились гидрологические, гидро- и геохимические, гидробиологические, геоэкологические, геологические и геофизические работы. Получены новые данные о состоянии и динамике природных комплексов Балтийского моря в условиях усиливающейся антропогенной нагрузки и изменения климата.

**Ключевые слова:** Балтийское море, Финский залив, гидрология, гидрохимия, гидробиология, геоэкология, литология, геохимия

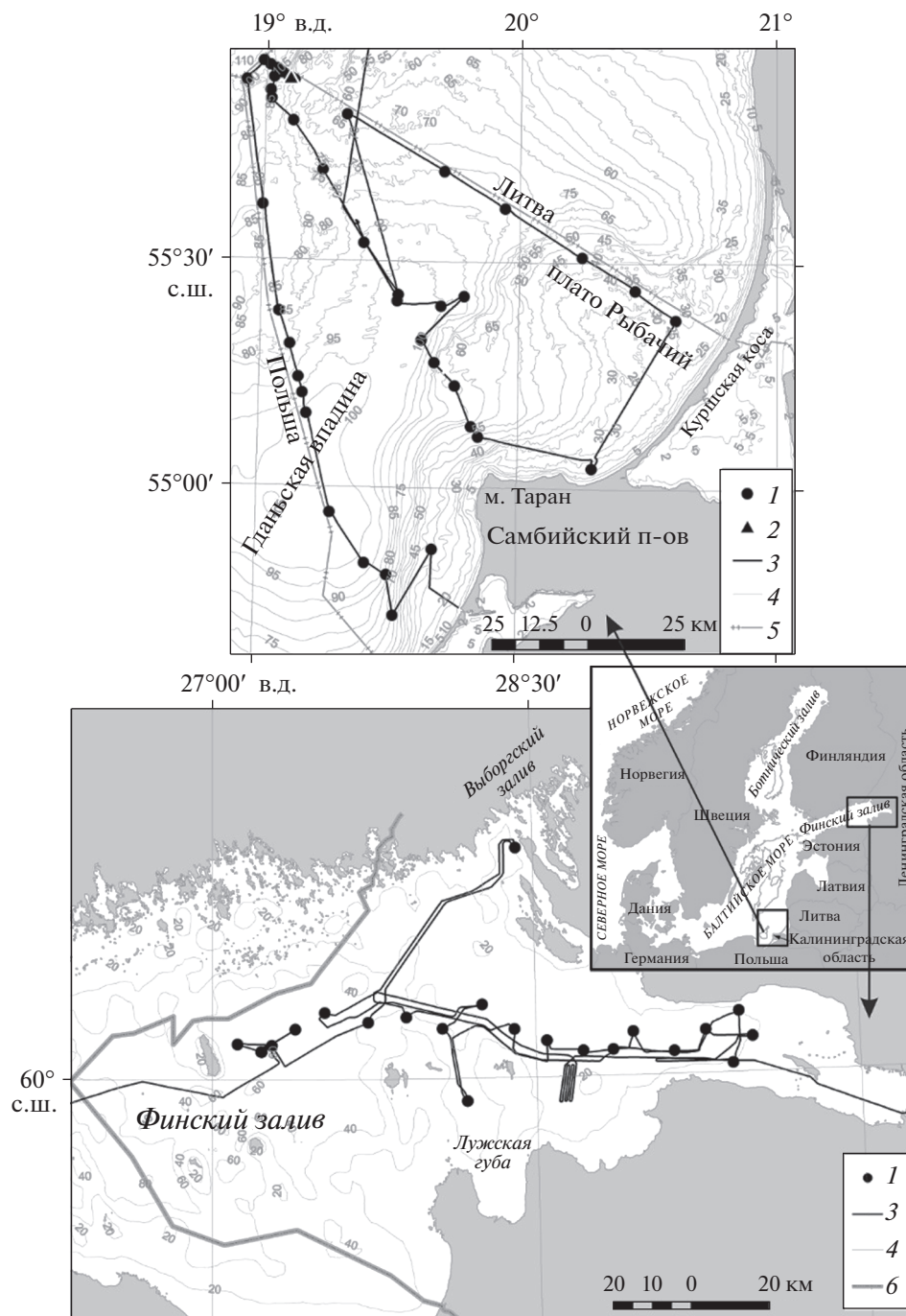
**DOI:** 10.31857/S0030157423060035, **EDN:** QWDEJU

В 54-м рейсе НИС “Академик Сергей Вавилов” (04–19 ноября 2022 г.) проведены океанологические исследования в юго-восточной части Балтийского моря и Финском заливе (рисунок), которые являются продолжением многолетних исследований ИО РАН. Цель экспедиции – получение новых данных о состоянии и динамике природных комплексов Балтийского моря в условиях усиливающейся антропогенной нагрузки и изменения климата с учетом влияния Атлантического океана. Помимо ИО РАН в работе экспедиции принимали участие сотрудники БФУ им. И. Канта и ФГБУ “ВНИИОкеангеология”. В ходе экспедиции проведена I Молодежная научная школа “Современные методы океанологических исследований” БФУ им. И. Канта, в работе которой также приняли участие преподаватели, студенты и аспиранты Южно-Уральского государственного гуманитарно-педагогического университета, Института физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Всероссийского научно-исследовательского института геологии и минеральных ресурсов Мирового океана им. академика И.С. Грамберга.

Общий маршрут составил 1191 морскую милю, в том числе 709 морских миль однолучевых эхолотных профилей. Выполнены 63 океанологические станции, одна постановка донной станции и одна экспозиция дрейфующей седиментационной ловушки.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

На океанологических станциях (рис. 1) использовались зонды – гидрофизический Sea&Sun STD48Mc с датчиком кислорода и Li-COR для измерения фотосинтетически активной радиации. Прозрачность воды измерялась диском Секки. Отбор проб воды для гидрохимических и гидробиологических исследований проводился розеткой Hydrobios MWS 12 Slimline с батометрами Нискина, зоопланктона – сетью WP-2, ихтиопланктона – сетью ИКС-80; донных осадков и зообентоса – дночерпателем Ван Вина и бокс-корером, колонок донных осадков – гравитационной грунтовой трубкой длиной 7.5 м с мягким вкладышем и малой герметичной геологической трубкой (МГГТ) длиной 1 м. МГГТ использовалась также для получения проб придонной воды для определения содержания метана. В судовых лабораториях проводились фильтрация взвеси, измерения основных гидрохимических показателей с использованием спектрофотометра КФК-3КМ и дозатор-титратора Аквилон-1Д, активной флуоресценции хлорофилла “а” импульсным флуориметром WATER-PAM-II (Walz). Выполнена экспозиция (спуск, подъем) экспериментальной дрейфующей седиментационной ловушки. Установлена донная станция с инклинометрическими измерителями течений, изготовленных в Атлантическом отделении ИО РАН [1]. По маршруту судна выполнялись съемка судовым однолучевым эхолотом Kongsberg EA-600, непрерыв-



**Рис. 1.** Схема работ в 54-м рейсе НИС “Академик Сергей Вавилов”, где 1 – океанологические станции; 2 – точка постановки донной станции; 3 – переходы; 4 – изобаты, м; 5 – граница ИЭЗ, 6 – граница территориальных вод. На врезке показано расположение районов работ.

ные стандартные метеонаблюдения и измерения радиационных потоков радиометром KIPP&ZONEN CNR4, концентрации метана и аэрозольных частиц в воздухе кондуктометрическим датчиком.

**ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ**

**Гидролого-гидрохимические исследования.** В российском секторе Юго-Восточной Балтики (ЮВБ)

зафиксировано сезонное заглупление термоклина до 32–42 м. Температура и соленость в верхнем квазиоднородном слое (ВКС) варьировалась в пределах 11–12.2°C и 7.1–7.4 епс. Ядро холодного промежуточного слоя (4.5–4.7°C) располагалось в диапазоне 46–52 м. Глубина галоклина составляла 60–70 м. Придонный слой имел температуру 6.7–7.4°C и соленость 11.0–12.7 епс. В Гданьской

впадине ниже галоклина отмечен слой гипоксии ( $O_2 < 2$  мг/л) и частичная аноксия. Над Гданьско-Готландским порогом предположительно зафиксировано небольшое поступление вод из Восточно-Готландского бассейна с содержанием растворенного кислорода 2–2.5 мг/л, что согласуется с реконструкцией течений по модели NEMOv.4.0 [2].

**Геоэкологические исследования.** На всей исследованной акватории моря глубина эвфотического слоя составляла 15 м. Относительно высокие значения хлорофилла “a” и фотосинтетической способности фитопланктона (Fv/Fm) отмечены в ВКС (0–30 м) при значительном их снижении ниже сезонного термоклина. Величины gETR (флуоресцентно определяемый аналог скорости первичной продукции) были умеренными, при этом разброс значений был значительным – от 10 до 30 отн. ед.

**Гидробиологические исследования.** Биомасса фитопланктона в южной части Гданьской впадины составила 0.547 мг/л, численность 222 тыс.кл./л. Биомассу почти полностью (96%) формировали диатомовые водоросли, преимущественно – *Coscinodiscus granii* (0.498 мг/л). В зоопланктоне в этом же районе, а также над южным склоном Восточно-Готландской впадины, отмечен характерный обитатель субгалоклиновых вод – калянида *Pseudocalanus* sp. Количественные показатели и структура зоопланктона были характерными для осенне-зимнего сезона в Южной Балтике. На дне всего района исследования в юго-восточной части Балтийского моря на глубинах более 100 м живой макрозообентос отсутствовал, за исключением участка в Восточно-Готландской впадине, где на глубине 108 м обнаружены живые моллюски *Astarte borealis*. В Финском заливе по биомассе доминировали характерные представители макрозообентоса этого района моря *Saduria entomon*.

**Литогеохимические и геохимические исследования.** Осадочные разрезы ЮВБ в основном представлены черными пелитовыми обводненными пористыми литориновыми илами с запахом сероводорода. На северо-восточном склоне Гданьской впадины на глубине 93 м в районе метанового сипинга в поверхностном слое осадков (0–15 см) зафиксированы концентрации метана более 1500 ppmV, что превышает предел его растворимости в поровой воде (хэд-спейс). Поверхностные осадки в эрозионной долине на севере Гданьско-Готландского порога представляют собой диамикты, покрытые железомарганцевыми конкрециями различной формы размером 2–5 см. В колонках Финского залива обводненные газонасыщенные морские (литориновые) илы характеризуются высокими концентрациями метана в хэд-спейс, что подтверждает существование метанового сипинга. При этом в каждом из опробованных разрезов фиксируются различные градиенты концентраций метана, свидетельствующие о различной интенсивности его потоков.

**Источники финансирования.** Экспедиция проведена в рамках целевого финансирования морских экспедиционных исследований Министерства науки и высшего образования РФ по темам государственного задания ИО РАН №№ FMWE-2021-0012, FMWE-2021-0007. Исследования потоков метана осуществлялись за счет проекта ВИП ГЗ (соглашение № 71-223/ВИПГЗ-23). Молодежная научная школа финансировалась БФУ им. И. Канта.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пака В.Т., Набатов В.Н., Кондрашов А.А. и др. Об усовершенствовании инклинометрического измерителя скорости придонных течений // Океанологические исследования. 2019. Т. 47. № 2. С. 220–229.
2. NEMO ocean engine // Scientific Notes of Climate Modelling Center, 27. IPSL.

### Expeditional Studies in the Baltic Sea in Cruise 54th of the R/V “Akademik Sergei Vavilov”

D. V. Dorokhov<sup>a, b, #</sup>, V. V. Sivkov<sup>a, b</sup>, S. A. Mosharov<sup>a</sup>, P. B. Semenov<sup>c</sup>, E. E. Ezhova<sup>a</sup>, A. A. Kondrashov<sup>a</sup>, E. S. Bubnova<sup>a, b</sup>, E. P. Ponomarenko<sup>a</sup>, M. A. Gerb<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

<sup>b</sup>Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia

<sup>c</sup>FSBI “VNIIOkeangeologia”, Saint-Petersburg, Russia

<sup>#</sup>e-mail: d\_dorohov@mail.ru

Brief results of oceanological studies of the southeastern part of the Baltic Sea and the Gulf of Finland during 54th cruise of the R/V *Akademik Sergei Vavilov* (2022) are presented. Hydrology, hydro- and geochemistry, hydrobiology, geocology, geology and geophysics investigations were carried out. New data on the state and dynamics of the natural complexes of the Baltic Sea under the conditions of increasing anthropogenic pressure and climate change were obtained.

**Keywords:** Baltic Sea, Gulf of Finland, hydrology, hydrochemistry, hydrobiology, geocology, lithology, geochemistry