

УДК 551.465

КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЧЕРНОГО МОРЯ В 101-м РЕЙСЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО СУДНА «ПРОФЕССОР ВОДЯНИЦКИЙ»

© 2019 г. А. А. Клювиткин^{1*}, А. В. Гармашов^{2**}, А. А. Латушкин²,
Н. А. Орехова², А. И. Коченкова¹, Г. В. Малафеев¹

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

² Морской гидрофизический институт РАН, Севастополь, Россия

*e-mail: klyuvitkin@ocean.ru, **garmashov@mhi-ras.ru

Поступила в редакцию 05.02.2018 г.

Принята к публикации 08.02.2019 г.

С 14 по 28 декабря 2017 г. в центральной части Черного моря в пределах исключительной экономической зоны Российской Федерации проводилась совместная межведомственная комплексная океанологическая экспедиция на борту НИС «Профессор Водяницкий». Основная цель экспедиции — исследование особенностей гидрологической, гидрохимической, гидрооптической и гидробиологической структуры вод Черного моря в зимний период, а также сбор материала для изучения седиментационной системы моря, позволяющего оценить современные потоки вещества в толще воды, темпы его осаждения на дно и биогеохимические процессы, протекающие в воде и донных осадках.

Ключевые слова: Черное море, гидрология, гидрохимия, гидрооптика, морская геология, вертикальные потоки вещества, рассеянное осадочное вещество, донные осадки

DOI: 10.31857/S0030-1574592315–318

В рамках государственного задания Морского гидрофизического института РАН, а также проекта РНФ «Седименто-биогеохимические исследования морей европейской части России» с 14 по 28 декабря 2017 г. в центральной части Черного моря в пределах исключительной экономической зоны Российской Федерации (рис.) проводилась совместная межведомственная комплексная океанологическая экспедиция на борту НИС «Профессор Водяницкий» (101-й рейс).

Основная цель экспедиции — исследование особенностей гидрологической, гидрохимической, гидрооптической и гидробиологической структуры вод Черного моря в зимний период, а также сбор материала для изучения седиментационной системы моря, позволяющего оценить современные потоки вещества в толще воды, темпы его осаждения на дно и биогеохимические процессы, протекающие в воде и донных осадках.

В задачи экспедиции входило проведение гидрологических и метеорологических измерений, изучение особенностей гидрохими-

ческой и гидрооптической структуры вод, концентрации и состава водной взвеси (ВВ), хлорофилла “а”, литолого-геохимические исследования донных осадков, поиск и подъем поставленных в 91-м рейсе НИС «Профессор Водяницкий» в ноябре 2016 г. [2] притопленных буйковых станций (ПБС) с седиментационными ловушками для изучения вертикальных потоков осадочного вещества и постановка новой ПБС.

Гидрологические исследования. Измерение температуры и солености морской воды проводили с помощью комплекса Sea-Bird 911 plus, скорость и направление течений в верхнем 300-метровом слое измеряли с помощью акустического доплеровского профилографа течений. Распределения гидрологических характеристик в период съемки не выходили за пределы климатических параметров, характерных для района исследований [1]. Температура поверхностного слоя изменялась во время исследований от 10.1 °С до 12.2 °С, а в ядре холодного промежуточного слоя (ХПС) составляла 7.6–8.3 °С. Глубина залегания ХПС изменялась в широком

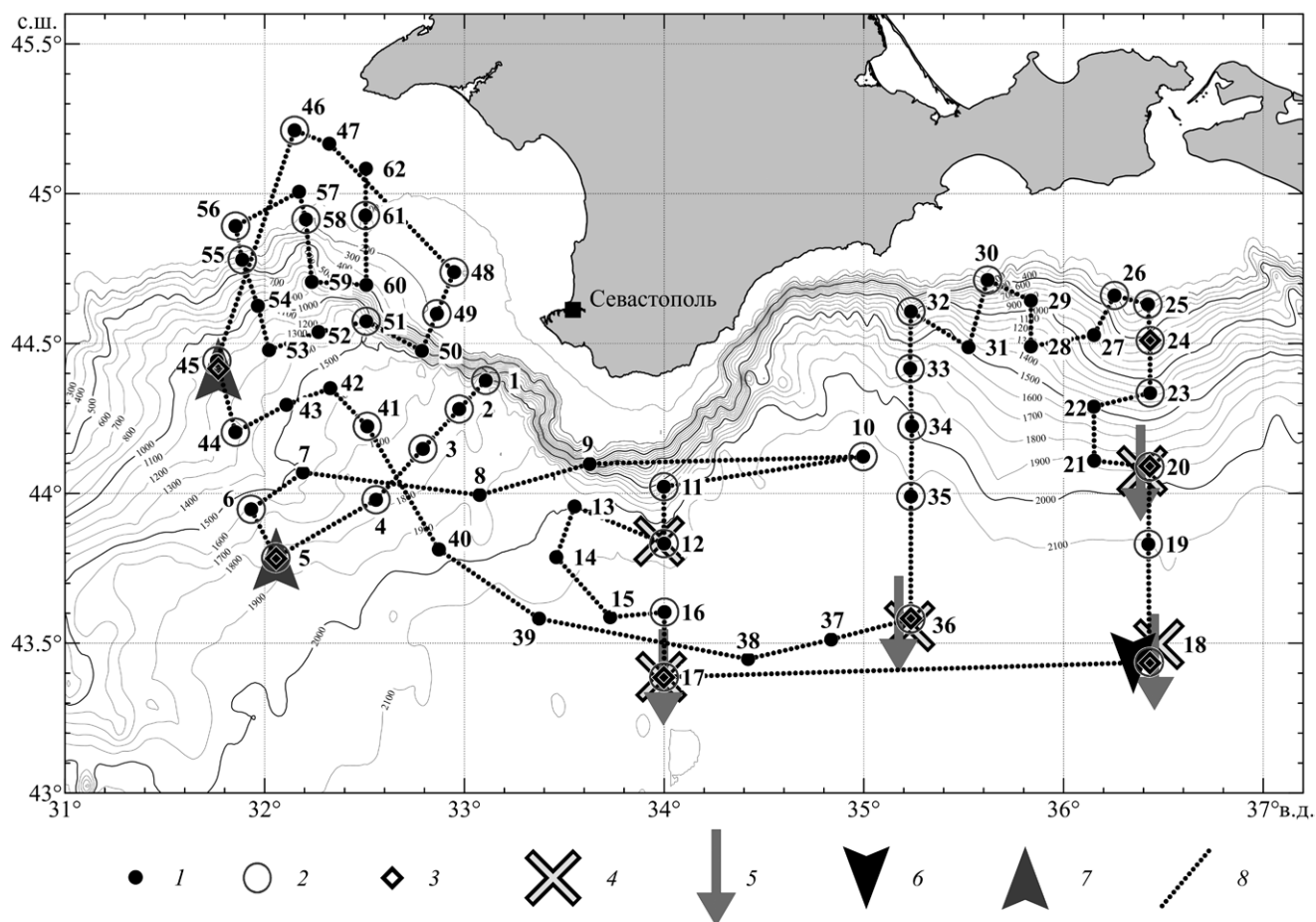


Рис. Карта станций и схема выполнения работ в 101-м рейсе НИС «Профессор Водяницкий» в Черном море в декабре 2017 г.

1 — STD-зондирование и гидрооптические измерения; 2 — отбор проб для определения гидрохимических характеристик; 3 — отбор воды на изучение взвеси; 4 — отбор донных осадков дночерпателем; 5 — отбор донных осадков мультикорером; 6 — постановка ПБС; 7 — подъем ПБС; 8 — маршрут судна.

диапазоне (30–90 м) с тенденцией наибольшего заглубления в районе материкового склона.

Гидрохимические характеристики. Непосредственно на борту судна был выполнен анализ концентрации нитрит-ионов, ионов аммония, кислорода, сероводорода и щелочности. Изменчивость гидрохимических параметров в поверхностном слое соответствовала сезонному ходу. Поверхностный слой вод был насыщен кислородом, его концентрация изменялась в пределах 298–311 мкмоль/л при среднем значении 304 мкмоль/л, что соответствовало 99% насыщения. Средняя величина концентрации нитрит-ионов составила 0.10 мкмоль/л (0–0.28 мкмоль/л), их максимальные величины наблюдались в северо-западной части полигона (ст. 46). Отмечен широкий диапазон изменения концентрации ионов аммония (0–0.97 мкмоль/л). Концентрация сероводорода

в придонном слое на глубине 2000 м в среднем составила 385 мкмоль/л, а на глубине 1000 м — 320 мкмоль/л.

Гидрооптические измерения. Измерения показателя ослабления направленного света (ПОС) проводились спектральным измерителем СИПО4 [3] в зондирующем режиме до глубин ~200 м с вертикальным разрешением 0.1 м. В фотическом слое изменчивость ПОС была слабо выражена, с достаточно равномерным распределением по глубине и варьировала в пределах 0.4–0.55 м⁻¹. Наиболее прозрачные воды с минимальными значениями ПОС (0.32–0.37 м⁻¹) наблюдались под ядром ХПС. Редокс-зона характеризовалась наличием одного или нескольких максимумов (до 0.72 м⁻¹), однако в целом значения в этом слое были сопоставимы со значениями фотического слоя.

Взвешенное вещество. Фотический слой водной толщи характеризовался невысокими величинами всех изученных параметров ВВ. Концентрация ВВ на поверхности моря варьировала в незначительных пределах (0.17–0.33 мг/л), в целом соответствуя изменчивости ПОС. В глубинных водах концентрации ВВ были несколько ниже (0.1–0.29 мг/л). Незначительное увеличение концентраций выявлено в редокс-зоне, придонный нефелоидный слой наблюдался только на одной станции в юго-западном секторе полигона (ст. 05).

Вертикальные потоки. Материал для изучения вертикальных потоков осадочного вещества получен с помощью седиментационных ловушек, установленных в составе ПБС. Подняты две ПБС (ст. 5 и 45), поставлена одна новая ПБС (ст. 18), в составе которых задействованы 11 интегральных МСЛ-110 [5] и пять дифференциальных 12-позиционных ловушек «Лотос-3». Для изучения гидродинамической обстановки водной среды ПБС были оснащены акустическими измерителями течений Argonaut-MD (Sontek) и Aquadopp (Nortek), а также регистратором мутности и флуоресценции FLNTUB (WetLabs) и самописцами температуры RBRduet (RBR). Установка подобного комплекса приборов развивает концепцию АГОС (автоматических глубинных седиментационных обсерваторий), предложенную академиком А.П. Лисицыным [4].

Предварительный анализ материала седиментационных ловушек выявил практически синхронный сезонный ход изменчивости величин потоков вещества в глубинном (100 м от дна) и подповерхностных слоях (100 и 250 м) с максимумами в феврале-марте и августе-октябре. Весенний максимум представлен относительно плотным осадком темно-оливкового цвета и соответствует цветению диатомовых водорослей, летне-осенний максимум сложен хлопьевидным веществом бежевого цвета. По вертикали величина интегральных потоков с глубиной падает.

Донные осадки. Отбор больших масс грунта с поверхности производился дночерпателем «Океан-0.25». Для изучения с максимальным разрешением пограничного слоя донных осадков, наилка и наддонной воды использовался мультикорер Mini MUC K/MT 410 (KUM). Вскрыты современные осадки мощностью до 56 см, представленные двумя типами: тонкопелитовым илом различных оттенков серого и зеленовато-серого цветов жидкой, полужидкой и мягкой консистенции с тонко- и микрослои-

стой текстурой, переслаивающегося с тонкопелитовым гомогенным полужидким илом темно-серого цвета. Осадок, поднятый на ст. 17, представлен исключительно гомогенным полужидким илом. Во всех пробах — запах сероводорода. Признаки анаэробной обстановки наблюдались по всему разрезу.

Анализ поровых вод, выполненный непосредственно на борту судна сразу после подъема колонок осадков, показал, что в наиболее удаленной от берега юго-восточной части района работ (ст. 18) концентрация сульфидов возросла от 825 мкмоль/л на поверхности (0 см) до 1300 мкмоль/л на максимальной глубине профилирования (25 см) при средней концентрации 867 мкмоль/л. Столь высокие значения позволяют предположить, что донные отложения данного района могут служить источником сульфидов для придонного слоя вод.

Благодарности. Авторы признательны академику А. П. Лисицыну и чл.-корр. РАН С. К. Коновалову за научное руководство и поддержку исследований, капитану В. Г. Тынинике, экипажу судна и всему научному составу экспедиции за помощь в работе.

Источник финансирования. Геологические исследования в экспедиции выполнены при финансовой поддержке гранта РНФ № 14-27-00114-П; обработка материала частично выполнена в рамках государственного задания ИО РАН, тема № 0149-2019-0007; исследования ФГБУН МГИ выполнены в рамках тем государственного задания № 0827-2018-0001, № 0827-2018-0002, № 0827-2018-0003.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов В. А., Белокопытов В. Н. Океанография Черного моря. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2011. 209 с.
2. Ключиткин А. А., Кравчишина М. Д., Русанов И. И. и др. Седиментологические исследования Черного моря в 91-м рейсе научно-исследовательского судна «Профессор Водяницкий» // Океанология. 2018. Т. 58. № 4. ПРИЛОЖЕНИЕ (Декабрь 2018). С. S30–S32.
3. Латушкин А. А. Многоканальный измеритель коэффициента ослабления света для проведения океанографических подспутниковых исследований // «Управление и мехатронные системы». Севастополь: МГИ НАН Украины, 2013. С. 231–236.
4. Лисицын А. П., Новигатский А. Н., Шевченко В. П. и др. Рассеянные формы осадочного вещества и их потоки в океанах и морях на примере Белого моря (результаты 12 лет исследований) // Докл. РАН. 2014. Т. 456. № 3. С. 355–359.
5. Лукашин В. Н., Ключиткин А. А., Лисицын А. П., Новигатский А. Н. Малая седиментационная ловушка МСЛ-110 // Океанология. 2011. Т. 51. № 4. С. 746–750.

**COMPREHENSIVE STUDIES OF THE BLACK SEA
DURING THE CRUISE 101 OF THE RESEARCH VESSEL
*PROFESSOR VODYANITSKIY***

© 2019 A. A. Klyuvitkin^{1*}, A. V. Garmashov^{2**}, A. A. Latushkin², N. A. Orekhova²,
A. I. Kochenkova¹, G. V. Malafeev¹

¹ *Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

² *Marine Hydrophysical Institute, Russian Academy of Sciences, Sevastopol, Russia*

**e-mail: klyuvitkin@ocean.ru, **garmashov@mhi-ras.ru*

Received February 05, 2018

After revision February 08, 2019

From 14 to 28 December 2017, in the central part of the Black Sea, within the exclusive economic zone of the Russian Federation, a joint interdepartmental comprehensive oceanological expedition was carried out on board the R/V «Professor Vodyanitsky». The main goal of the expedition was to study the characteristics of the hydrological, hydrochemical, hydro-optical and hydrobiological structure of the Black Sea waters during the winter, as well as to collect material for studying the sedimentation system of the sea, which allows assessing the particle fluxes in the water column, the rate of its sedimentation to the bottom and biogeochemical processes occurring in water and bottom sediments.

Keywords: Black Sea, hydrology, hydrochemistry, hydro-optics, marine geology, vertical particle fluxes, dispersed sedimentary matter, bottom sediments