

УДК 551.465

## СЕДИМЕНТОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЧЕРНОГО МОРЯ В 91-М РЕЙСЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО СУДНА “ПРОФЕССОР ВОДЯНИЦКИЙ”

© 2018 г. А. А. Клювиткин<sup>1, \*</sup>, М. Д. Кравчишина<sup>1</sup>, И. И. Русанов<sup>1, 2</sup>,  
Д. Ф. Бутько<sup>1</sup>, Е. О. Золотых<sup>1</sup>, А. И. Коченкова<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>Институт микробиологии им. С.Н. Виноградского, Федеральный исследовательский центр  
“Фундаментальные основы биотехнологии” РАН, Москва, Россия

\*e-mail: klyuvitkin@ocean.ru

Поступила в редакцию 29.03.2017 г.

Принята к публикации 20.04.2017 г.

DOI: 10.1134/S003015741807002X

В рамках проекта РНФ “Седименто–биогеохимические исследования морей европейской части России” под руководством академика А.П. Лисицына с 16 ноября по 5 декабря 2016 г. в 91-м рейсе НИС “Профессор Водяницкий” проводились работы, основная цель которых – сбор материала для изучения седиментационной системы Черного моря, позволяющего оценить современные потоки вещества в толще воды и темпы его осаждения на дно, а также биогеохимические процессы, протекающие в воде и донных осадках. Исследования проводились в северной части Черного моря в пределах эксклюзивной экономической зоны Российской Федерации (рис. 1).

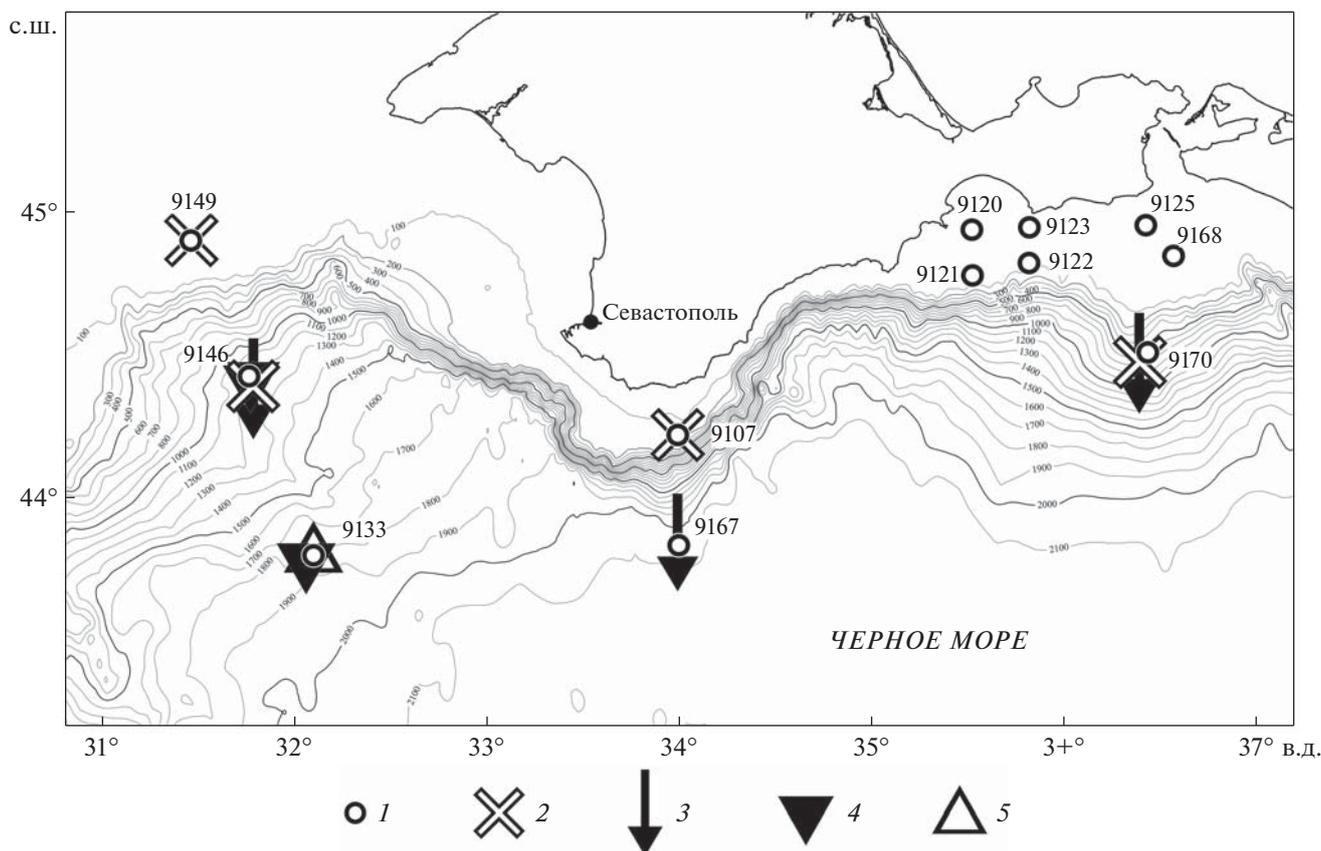
В задачи отряда входило: изучение концентрации и состава водной взвеси, концентрации хлорофилла “а”, количественных показателей и состава фитопланктона, первичной продукции фитопланктона, интенсивностей биогеохимических (микробных) процессов (ассимиляция углекислоты, гетеротрофный потенциал, сульфатредукция, продукция и окисление метана) и концентрации метана в водной толще и донных осадках; литолого-геохимические исследования донных осадков; поиск и подъем поставленной в 81-м рейсе НИС “Профессор Водяницкий” в ноябре 2015 г. [1] притопленной буйковой станции (ПБС) с седиментационными ловушками для изучения вертикальных потоков осадочного вещества и поставка новых ПБС.

Сопряженное изучение системы рассеянного осадочного вещества водной толщи (взвесь, осадочное вещество ловушек) и верхнего слоя осадка позволяет наиболее полно судить о процессах седиментогенеза и раннего диагенеза.

**Взвешенное вещество.** Во второй половине ноября фотический слой водной толщи характеризовался низкими величинами всех изученных параметров взвеси и фитопланктона. Концентрация взвеси в этом слое варьировала от 0.1 мг/л в открытой части акватории до 0.5 мг/л вблизи берега. Концентрация хлорофилла “а” колебалась от 0.4 до 0.7 мкг/л, достигая наиболее высоких величин на шельфе вблизи Керченского пролива, а также на ст. 9146 (глубина моря 1182 м), находящейся под влиянием трансформированных вод реки Дуная. На этой станции численность *Emiliania huxleyi* достигала наиболее высокого значения (206 400 кл/л) по сравнению с остальной изученной акваторией (по данным Л.А. Паутовой, ИО РАН). Здесь же отмечалась сравнительно высокая численность (246 кл/л) диатомовой водоросли *Thalassionema nitzschioides*. Концентрация взвешенного органического углерода достигала 57 мкг/л на ст. 9146 и 60 мкг/л вблизи Феодосийского залива.

В глубинных водах колебания концентрации взвеси были соизмеримы с ее колебаниями в фотическом слое и только на мелководье (при глубине моря менее 40 м) у дна достигали 0.7 мг/л. Нефелойдный слой наблюдался в пределах узкого шельфа и, как правило, не отмечался на обследованной части континентального склона.

**Биогеохимические исследования** проводили во всей водной толще и осадках исследованных станций. Более подробно изучались фотический слой, редокс-зона и область контакта вода–осадки. Выявлена очень низкая интенсивность первичной продукции фитопланктона (1–53, среднее 10.7 мгС/м<sup>3</sup> день), по сравнению с нашими данными для ноября 2015 г. [1] и данными литературы [6]. Вертикальный профиль распределения



**Рис. 1.** Карта станций и схема выполнения геологических работ в 91-м рейсе НИС «Профессор Водяницкий» в Черном море в ноябре–декабре 2016 г.

1 – комплексные станции; 2 – отбор донных осадков дночерпателем; 3 – отбор донных осадков мультикорером; 4 – установка ПБС; 5 – подъем ПБС.

первичной продукции имел 2–3 пика: поверхностный (самый высокий, горизонт 0–5 м), над и/или под термоклином (30–40 м).

Для оценки продукции бактериопланктона определены интенсивности темновой ассимиляции углекислоты, диапазон которых в водной толще – от 2 до 13, среднее 6.7 мгС/м<sup>3</sup> сутки.

**Вертикальные потоки.** Материал для изучения вертикальных потоков осадочного вещества получен с помощью седиментационных ловушек, установленных в составе ПБС. Поднята одна ПБС (ст. 9133), поставлены две новые ПБС (ст. 9133, 9146), в составе которых задействованы 11 интегральных МСЛ-110 [5] и пять 12-стаканных ловушек Лотос-3, что позволит изучить мезомасштабную изменчивость потока вещества в Черном море [2]. Для изучения гидрофизической и гидродинамической обстановок водной среды ПБС оснащены измерителями течений Argonaut-MD (Sontek) и Aquadopp-3000 (Nortek), а также регистратором мутности и флуоресценции FLNTUB-3767 (WetLabs). Установка подобного комплекса приборов развивает концепцию АГОС (автоматических

глубинных седиментационных обсерваторий), предложенную академиком Лисицыным [4].

Предварительный анализ материала седиментационных ловушек поднятой ПБС выявил практически синхронный сезонный ход изменчивости величин потока вещества в глубинном (100 м от дна) и подповерхностном слоях (100 м) с максимумами в ноябре, марте–апреле и июле–сентябре. Величина потока в водной толще уменьшается по мере увеличения глубины.

**Донные осадки.** Отбор больших масс грунта с поверхности производился дночерпателем «Океан-0.25». Для изучения пограничного слоя донных осадков, наилка и наддонной воды с максимальным разрешением использовался мультикорер MiniMUC (KUM, Германия).

На глубинах, не превышающих 100–150 м, обычно распространен ракушняк заиленный (алевроитово-пелитовый ил различных оттенков серого цвета) с тонким окисленным слоем (несколько мм) на поверхности. В кернах глубоководных донных осадков анаэробная обстановка наблюдалась, начиная с поверхностного слоя.

На континентальном склоне с помощью мультискора вскрыты современные донные осадки (слой до 30 см) с сильным запахом сероводорода. На поверхности осадков повсеместно хорошо развит наилок мощностью около 1 см. На изученной части склона осадок был представлен тонкопелитовым илом различных оттенков серого цвета жидкой, полужидкой и мягкой консистенции с тонкослоистой текстурой. На станциях 9146 и 9170 (глубина 1149 и 645 м соответственно) осадки горизонта 0–20 см состояли из чередующихся белых кокколитовых и темных, преимущественно, терригенных слоев мощностью 1–2 мм. К подошве керна количество кокколитовых прослоев в сером тонкопелитовом иле увеличивалось, образуя так называемый ритмолит [3].

На подножье континентального склона (ст. 9167, глубина 2060 м) вскрыты современные осадки (слой до 36 см), представленные тонкопелитовым вязким “сметанообразным” однородным илом жидкой и полужидкой консистенции, темно-серого цвета у поверхности (0–4 см) и светло-серого к подошве (4–36 см). Микрослоистая текстура осадка (напоминающая слоистую текстуру осадков станций 9146 и 9170) отмечалась только на горизонте 21–26 см.

Из осадков были отобраны пробы иловой воды для изучения содержания в них ряда гидрохимических показателей и солевого состава.

Авторы благодарят академика А.П. Лисицына за научное руководство, чл.-корр. РАН С.К. Коновалова за поддержку исследований, начальника экспедиции Ю.В. Артамонова, капитана В.Г. Тынынику, экипаж НИС и весь научный состав экспедиции за помощь при отборе проб, а также Л.А. Паутову и В.А. Силкина за обработку проб фитопланктона.

Экспедиция проведена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 14-27-00114. Интерпретация предварительных результатов выполнена при поддержке гранта РФФИ № 14-27-00114-П. Обработка материала частично выполнена в рамках Госзадания ИО РАН, тема № 0149-2014-0026.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ключиткин А.А., Козина Н.В., Реджепова З.Ю. и др. Геологические исследования Черного моря (81-й рейс научно-исследовательского судна “Профессор Водяницкий”) // Океанология. 2017. Т. 57. № 5. С. 838–840.
2. Ключиткин А.А., Островский А.Г., Новигатский А.Н., Лисицын А.П. Мультидисциплинарный эксперимент по изучению короткопериодной изменчивости осадочного процесса в Северо-Восточной части Черного моря // Докл. РАН. 2016. Т. 469. № 3. С. 356–360.
3. Леин А.Ю., Русанов И.И., Павлова Г.А. и др. Об источниках энергии в процессе диагенеза (на примере Черного моря) // Литол. и полез. ископ. 2011. № 2. С. 154–169.
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.
6. Юнев О.А. Эвтрофикация и годовая первичная продукция фитопланктона глубоководной части Черного моря // Океанология. 2011. Т. 51. № 4. С. 658–668.