

УДК 551.465

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЧЕРНОГО МОРЯ (81-й РЕЙС НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО СУДНА “ПРОФЕССОР ВОДЯНИЦКИЙ”)

© 2017 г. А. А. Ключиткин¹, Н. В. Козина¹, З. Ю. Реджепова¹, И. И. Русанов²,
Н. И. Торгунова³, Д. Ф. Будько¹

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

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

³Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии,
Москва, Россия

e-mail: klyuvitkin@ocean.ru

Поступила в редакцию 14.03.2016 г.

С 3 по 11 ноября 2015 г. в 81-м рейсе НИС “Профессор Водяницкий” в рамках проекта РНФ “Седименто-биогеохимические исследования морей европейской части России” под руководством академика А.П. Лисицына силами отряда физико-геологических исследований проводились работы, основная цель которых – сбор материала для изучения седиментационной системы Черного моря, позволяющего оценить современные потоки вещества в море, в толще воды и на дно, а также биогеохимические процессы, воздействующие на осадочное вещество в море и в донных осадках. Исследования проводились на полигоне в западной части Черного моря в пределах эксклюзивной экономической зоны Российской Федерации (рисунок).

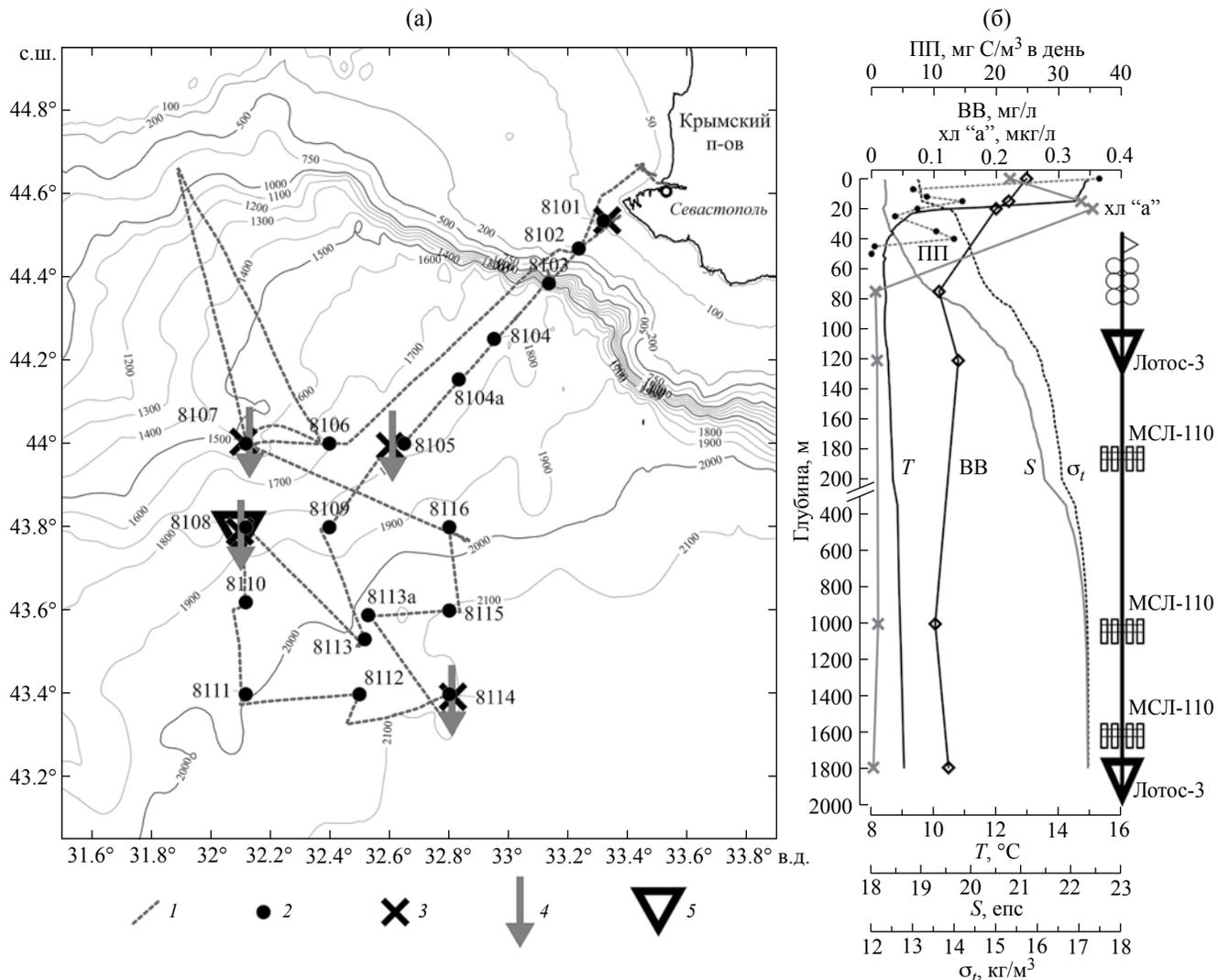
В задачи отряда входило: исследование атмосферных аэрозолей (счетная концентрация, гранулометрический состав); изучение концентрации и состава водной взвеси (ВВ) в водной толще; отбор проб воды для определения хлорофилла “а” (хл “а”), феофитина, растворенного органического углерода (РОУ) и алифатических углеводородов (АУВ); изучение биогеохимических (микробных) процессов и концентрации метана в водной толще и донных осадках; литолого-геохимические исследования донных осадков; постановка притопленной буйковой станции (ПБС) с седиментационными ловушками для изучения вертикальных потоков осадочного вещества.

Для определения гранулометрического состава аэрозолей приводного слоя атмосферы использовали счетчик аэрозольных частиц TSI AeroTrak 9306 (США). Концентрация всех частиц с диаметром > 0.3 мкм варьировала от 1.6 до 44.0 см⁻³, составляя в среднем 24.3 см⁻³ при стандартном отклонении 12.4 см⁻³. В целом, наблюдается

некоторое уменьшение количества аэрозольных частиц к концу экспедиции (18–19 ноября), по сравнению с началом и серединой (4–8 ноября). Счетные концентрации частиц убывают по мере увеличения размеров. Эта закономерность ранее была отмечена во многих районах, в частности, в Каспийском море [1, 2], и может быть нарушена за счет дополнительной поставки пылевых и антропогенных аэрозолей, чего в нашем случае отмечено не было. Зависимости концентрации частиц от сопутствующих погодных условий (температура, влажность воздуха, скорость ветра и др.) не выявлено.

Концентрации ВВ изменялись от 0.07 до 0.38 мг/л. Ярко выраженной изменчивости ВВ в поверхностном слое не зафиксировано. Для вертикального распределения ВВ характерна слоистая структура с тремя основными нефелоидными слоями (рисунок, б): (1) верхний деятельный слой моря 0–40 м до глубины залегания термоклины (0.2–0.4 мг/л); (2) редокс-зона (изопикна $\sigma_t = 16.2$, 0.1–0.15 мг/л) и (3) придонный нефелоидный слой (0.1–0.2 мг/л). Минимум ВВ приурочен к холодному промежуточному слою (0.07–0.1 мг/л) и глубинному промежуточным водам (ок. 0.1 мг/л). Концентрации хл “а” максимальны (0.15–0.35 мкг/л) в верхнем деятельном слое. Высокая доля феофитина (67–97%) говорит о низкой фотосинтетической активности фитопланктона, что характерно для изученного сезона.

Распределение РОУ на поверхности по всей исследованной акватории было довольно ровным (3.0–3.5 мгС/л). Лишь на ст. 8101 (шельф Севастопольской бухты) концентрация РОУ возростала до 4.4 мгС/л. По вертикали РОУ распределен неравномерно. Концентрации изменяются от 1.9 до 4.4 мгС/л. Как правило, максимальные величины



Карта станций и схема выполнения геологических работ в 81-м рейсе НИС “Профессор Водяницкий” в Черном море в ноябре 2015 г. (а) и вертикальное распределение водной взвеси, хлорофилла, первичной продукции, а также температуры, солёности и условной плотности на ст. 8108, здесь же приведена схема расстановки седиментационных ловушек по глубинам в составе ПБС (б).

1 – маршрут экспедиции; 2 – комплексные станции; 3 – отбор донных осадков дночерпателем; 4 – отбор данных осадков мультикорером; 5 – постановка ПБС.

зафиксированы в фотическом слое (4.4 мгС/л), в слое с $\sigma_t = 16.0\text{--}16.2$ (4.3 мгС/л), в слое 800–1000 м (3.9 мгС/л) и в придонном слое (2.8 мгС/л). В наилке (пробы из мультикоррера) концентрации изменялись в пределах 2.2–5.5 мгС/л в зависимости от места отбора пробы. Следует отметить, что ни на одной станции не было получено равномерного увеличения концентрации РОУ в сероводородной зоне с глубиной.

Биогеохимические исследования показали мозаичный характер распределения активности фотосинтеза и микробной ассимиляции углекислоты. Общая тенденция – максимумы в поверхностном слое и зоне термоклина. Продукция de novo растворенного органического вещества (РОВ)

в фотической зоне превышает синтез взвешенного органического вещества (ВОВ) в целом. Доля РОВ увеличивается от поверхности вглубь. Высокая интенсивность хемосинтеза (с преобладанием РОВ над ВОВ) выявлена в редокс-зоне. В кислородсодержащей и переходной зонах определены высокие скорости продукции метана, совпадающие по горизонтам с пиками его распределения. Микробное окисление метана незначительно в кислородной зоне, но в разы возрастает от редокс-зоны до дна. Интенсивность сульфатредукции имеет максимумы в нижней части термоклина и в верхней анаэробной зоне, а также в поверхностных осадках.

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 71.500 (КС Denmark A/S, Дания). На шельфе (ст. 8101, глубина 94 м) осадки представлены тонким пелитовым илом серого цвета с примесью ракушечного материала, а на глубоководных станциях – тонким пелитовым илом, насыщенным органическим веществом, часто с переслаиванием с известковым пелитовым илом. Верхние 10–15 см донных отложений сильно обводнены, с глубиной происходит постепенное уплотнение осадка. Глубже 46 см осадок представлен сапропелевым илом.

Углеводороды. Исследуемый район характеризуется низкими концентрациями АУВ в поверхностном слое воды (9.1–17.9 мкг/л) со средним значением 14 мкг/л. Наиболее высокие концентрации АУВ установлены на станциях 8101 и 8114 (до 18 мкг/л). С глубиной практически на всех станциях происходит уменьшение АУВ. Только на ст. 8108 установлен максимум их концентрации над термоклином. Как в поверхностном слое, так и в толще воды наблюдается зависимость между содержанием АУВ с липидами ($r = 0.98$), что указывает на природное происхождение УВ. Содержание АУВ в донных осадках также невысоко и находится в пределах фоновых природных значений.

Вертикальные потоки осадочного вещества изучались с помощью седиментационных ловушек, установленных в составе ПБС. Поставлена одна ПБС (ст. 8108), в составе которой задействованы 12 интегральных МСЛ-110 [4] и две 12-стаканные

ловушки Лотос-3, что позволит изучить мезомасштабную изменчивость потока вещества в Черном море [3].

Авторы благодарят академика А.П. Лисицына за научное руководство, капитана, экипаж и весь научный состав экспедиции за помощь в работе.

Экспедиция проведена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 14-27-00114). Обработка материала частично выполнена в рамках Государственного задания ИО РАН (тема № 0149-2014-0026).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Амбросимов А.К., Ключиткин А.А., Артамонова К.В. и др. Комплексные исследования системы Каспийского моря в 41-м рейсе научно-исследовательского судна “Рифт” // *Океанология*. 2014. Т. 54. № 5. С. 715–720.
2. Амбросимов А.К., Ключиткин А.А., Филиппов А.С. и др. Комплексные исследования Северного и Среднего Каспия в экспедиции научно-исследовательского судна “Никифор Шуреков” в октябре 2015 г. // *Океанология*. 2017. Т. 57. № 5. С. 835–837.
3. 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.
4. 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.