

УДК 550.47:556.54

## ПОПУТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В РЕЙСЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО СУДНА “АКАДЕМИК БОРИС ПЕТРОВ”

© 2018 г. И. А. Немировская<sup>1</sup>, \*, А. М. Титова<sup>1</sup><sup>1</sup>Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия

\*e-mail: nemir@ocean.ru

Поступила в редакцию 02.11.2017 г.

DOI: 10.1134/S0030157418050088

В рейсе НИС “Академик Борис Петров” (январь–март 2017 г.) продолжены многолетние работы ИО РАН по изучению аэрозолей и поверхностных вод по ходу движения судна. Маршрут судна начинался в п. Сингапур, охватывал северную часть Индийского океана, Красное, Средиземное моря, Атлантический океан, Северное, Балтийское моря и заканчивался в п. Калининград (рис. 1). Цель исследования: определение влияния климатических особенностей и фронтальных зон на распределение осадочного вещества, а в его составе органических соединений (ОС) – (природных и антропогенных) в приводном слое атмосферы и в поверхностных водах. В задачи исследования входило изучение: изменчивости гранулометрического состава приводного аэрозоля с помощью счетчика аэрозольных частиц; распределение и состав водной взвеси в поверхностных водах; продукционных характеристик поверхностного слоя вод (взвешенного органического углерода –  $C_{орг}$ , пигментов); углеводородного загрязнения. Маршрут судна охватывал тропические, субтропические и умеренные зоны в гумидных и аридных областях Индийского и Атлантического океанов, а также импактные и фоновые районы (рис. 1).

Для анализа взвеси и ОС использовали методы, применяемые в практике океанологических исследований [2]. Изучение гранулометрического состава приводного слоя аэрозолей проводили с помощью 6-ти канального измерителя частиц Aerotrak(США), предназначенного для определения счетных концентраций аэрозольных частиц в атмосфере. Пробы поверхностной воды по маршруту движения НИС “Академик Борис Петров” отбирали 3–4 раза в день на ходу судна в светлое время суток. Взвесь выделяли на борту судна, а ее анализ и анализ ОС проводили в лаборатории на берегу. Подробности методических процедур описаны [2].

Полученные данные показали, что содержание частиц в приводном слое атмосферы (рис. 2) изменялись в большом диапазоне, так как атмосфера самая подвижная и переменчивая из геосфер Земли, в которой быстро меняются потоки вещества, обусловленные движением воздушных масс [1]. Во всех пробах преобладали частицы 0.3–0.5 мкм, на долю которых приходилось 78–88% от суммы. Малый размер частиц в атмосфере обусловлен тем, что они образуются при конденсации паров или в результате химических реакций. Скорость диффузии таких мельчайших частиц достаточно велика, что создает предпосылку для их коагуляции и конденсации [4]. Для частиц 0.3–0.5 мкм по маршруту судна средние концентрации в зависимости от района уменьшались в последовательности (частиц/л): Баб-Эль-Мандебский пролив (135190) > Аденский залив (102854) > Красное море (91612) > Северное, Балтийское моря (76468) > Индийский океан (64113) > Средиземное море (28397) > Восточная Атлантика (14803). На распределение приводного аэрозоля в океане в основном влияет поступление минеральных частиц различного состава, особенно из аридных областей суши [1, 2, 5]. Поэтому повышенное их содержание приурочено к Баб-Эль-Мандебскому проливу, Аденскому заливу (где установлена максимальная концентрация – 379361 частиц/л) и к Красному морю. В эти районы при северном ветре и близости берега происходит снос частиц с пустынных районов Аравийского полуострова [5]. Пыльные бури в южной части Аравийского полуострова приурочены к летнему времени (с мая по август), но в северной части полуострова происходят в основном в весенний период [5]. При этом пик активности пыли наблюдается, как правило, в дневное время, так как интенсивное солнечное нагревание земли создает турбулентность и локальные градиенты давления. В гумидных областях их потоки уменьшались с минимумом в Средиземном

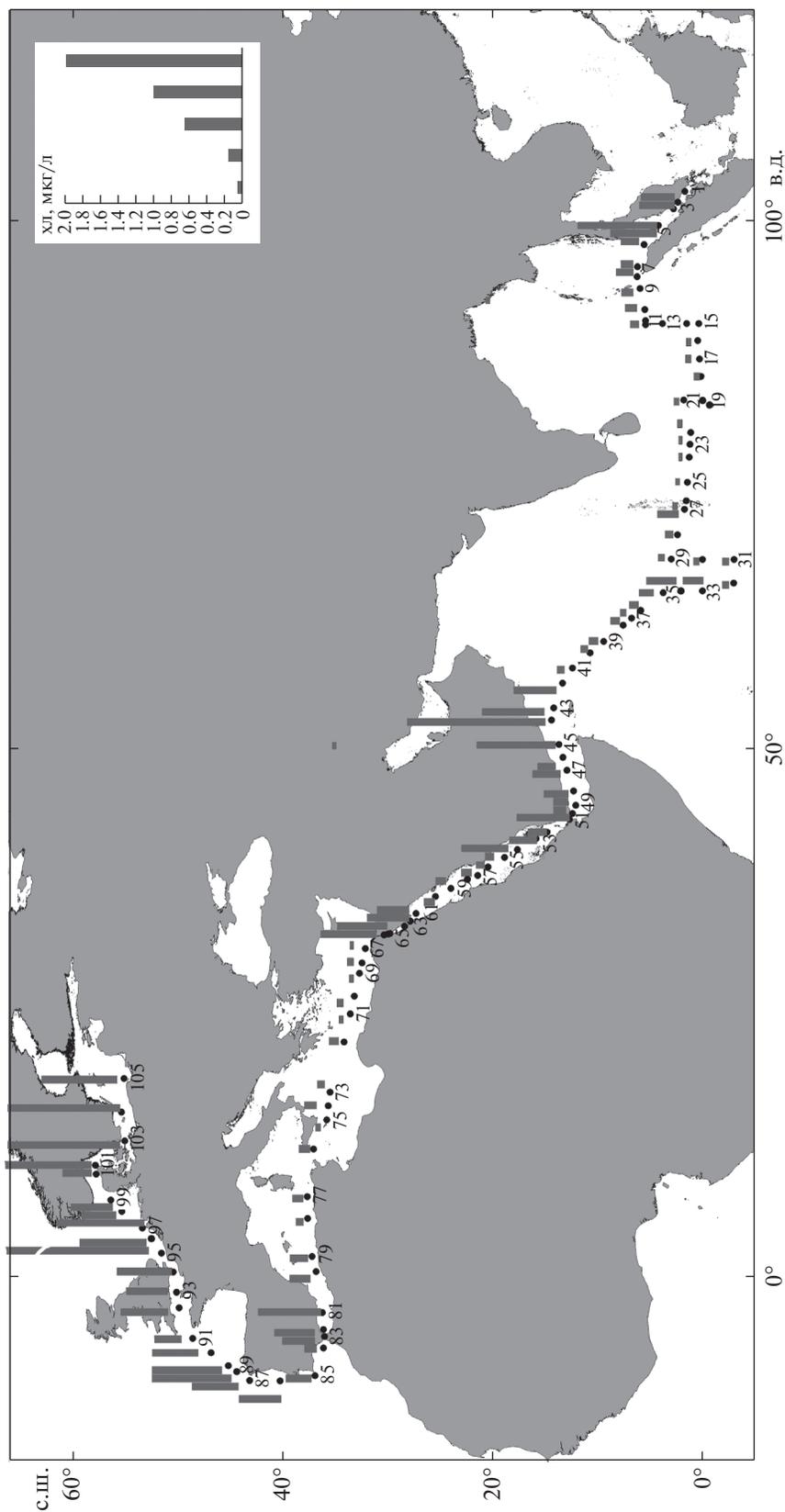


Рис. 1. Распределение хл "а" по маршруту НИС "Академик Борис Петров", цифры — номера станций.

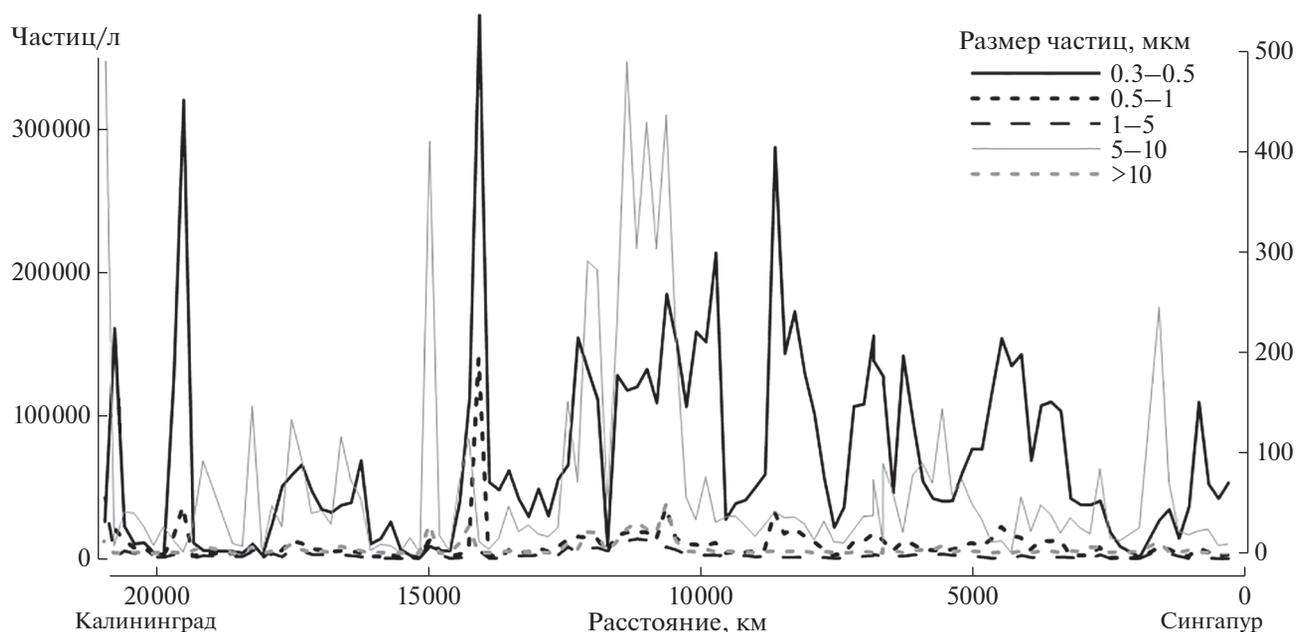


Рис. 2. Распределение гранулометрического состава приводного аэрозоля (левая шкала — для фракций 0.3–5 мкм, правая шкала — для фракций 5–10, >10 мкм).

море (1441 частиц/л) и вновь увеличивались при антропогенных поступлениях из промышленных районов Европы (пролив Ла-Манш).

В поверхностных водах средние концентрации взвеси изменялись в последовательности (мг/л): Средиземное море  $\approx$  Индийский океан (0.12) < Восточная Атлантика (0.16) < район Аравийского п-ова (0.18) < Красное море (0.20) < Ла-Манш–Балтийское море (0.34). Ее среднее содержание оказалось более чем в 8 раз ниже по сравнению с данными 2016 г. [3]: 0.21 и 1.746 мг/л соответственно, что обусловлено разными сезонами исследований и разным направлением ветра. В частности в конце зимы 2017 г. в Красном море преобладал северо-западный ветер, что привело к снижению концентраций аэрозолей в приводном слое атмосферы и соответственно минеральной взвеси в поверхностных водах. Поэтому содержание взвеси в поверхностных водах в Красном море было ниже, чем в Аденском заливе (0.125 и 0.183 мг/л соответственно) и на порядок ниже, чем в 2016 г., где ее концентрация достигала 9.539 мг/л.

Согласно данным рейса НИС “Академик Борис Петров” содержание хлорофилла “а” (хл “а”) последовательно увеличивалось от открытых вод Индийского океана, в среднем 0.15 до 0.69 мкг/л в проливе Ла-Манш. Наиболее высокие концентрации установлены в Северном (до 3.335 мкг/л) и в Балтийском морях (до 3.675 мкг/л), что обусловлено увеличением продуктивности вод в прибрежных районах. Переход фитопланктонного сообщества от зимнего к ране-весеннему со-

провождался уменьшением концентраций взвеси и ОС в поверхностных водах. Синхронное изменение концентраций взвеси и ОС происходит только в открытых морских районах Индийского океана, где источник этих соединений одинаковый — фитопланктон. Однако последовательность в распределении взвеси и ОС во взвеси поверхностных вод по маршрутам НИС “Академик Борис Петров” и НИС “Академик Николай Страх” оказалась близкой. Минимум изучаемых соединений зафиксирован в Средиземном море (0.080 и 0.190 мг/л), а максимумом — в Северном море (0.760 и 15.92 мг/л) соответственно.

Концентрации УВ в поверхностных водах, как и взвеси, были значительно ниже, чем в 2016 г. Их величины для разных районов изменялись от 6 до 20 мкг/л, и не достигали ПДК для нефтяных УВ (50 мкг/л). Даже в проливе Ла-Манш их концентрации колебались в интервале 8–11 мкг/л. Если в 2015 г. пролив Ла-Манш можно было отнести к области мелкомасштабного увеличения концентраций УВ, обусловленного нефтяным загрязнением [2, 3], то низкое содержание УВ в 2017 г. как в самом проливе, так и Северном и Балтийском морях может свидетельствовать об эффективности мер по претотвращению загрязнения. Однако в пересчете на взвесь содержание УВ в Красном и Средиземном море и даже в Индийском океане превышало 100 мкг/мг взвеси, из-за низкой концентрации самой взвеси.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФАНО России (тема № 0149-2018-0016), экспедиционные исследования — за счет средств

РНФ (проект №14-27-0095), обработка результатов при частичной поддержке ПП РАН I.49 (тема № 0149-2018-0029).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Лисицын А.П.* Современные представления об осадкообразовании в океанах и морях. Океан как природный самописец взаимодействия геосфер земли. Мировой океан Т.2. М.: Научный мир, 2014. С. 331–571.
2. *Немировская И.А.* Осадочное вещество и органические соединения в аэрозолях и поверхностных водах на трансатлантическом разрезе // *Геохимия*. 2017. № 4. С. 344–357.
3. *Немировская И.А., Титова А.М.* Попутные исследования в рейсе научно-исследовательского судна “Академик Николай Страхов” // *Океанология*. 2017. Т. 57. № 2. С. 311–313.
4. *Шевченко В.П.* Влияние аэрозолей на среду и морское осадкообразование в Арктике. М.: Наука, 2006. 226 с.
5. *Prakash P., Stenchikov G., Kalenderski S. et al.* The impact of dust storms on the Arabian Peninsula and the Red Sea // *Atmos. Chem. Phys.* 2015. V.15. P. 199–222.