

УДК 551.465

КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ БЕЛОГО МОРЯ В ИЮЛЕ–АВГУСТЕ 2014 г. В ЭКСПЕДИЦИИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО СУДНА “ЭКОЛОГ”

© 2015 г. А. А. Клювиткин¹, Н. В. Политова¹, Р. Э. Здоровеннов², М. Д. Кравчишина¹,
А. Н. Новигатский¹, А. С. Филиппов¹, А. Л. Чульцова³, Д. Ф. Будько¹

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

²Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, Петрозаводск

³Северо-Западное отделение Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Архангельск
e-mail: klyuvitkin@ocean.ru

Поступила в редакцию 31.10.2014 г.

DOI: 10.7868/S0030157415030077

В период с 30 июля по 10 августа 2014 г. в Белом море проводилась комплексная многодисциплинарная экспедиция на борту НИС “Эколог”, организованная Институтом океанологии им. П.П. Ширшова РАН и Институтом водных проблем Севера Карельского НЦ РАН. Исследования проводились в рамках проекта “Система Белого моря” (руководитель – академик А.П. Лисицын) [3] и продолжали начатые ранее работы [1, 2, 4]. В экспедиции участвовали сотрудники Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН (в том числе, его Северо-Западного и Атлантического отделений), Института водных проблем Севера Карельского НЦ РАН и Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН. Маршрут экспедиции показан на рис. 1.

Основная цель экспедиции – многодисциплинарное исследование современной седиментационной системы Белого моря. В экспедиции выполнялись следующие работы: 1. Гидрофизическое зондирование на станциях многопараметрическим зондом CTD 90M (Sea & Sun) с определением температуры и солёности, а также акустическим доплеровским профилографом течений DVS (Teledyne RD Instruments, США) с определением скорости и направления течений во всей водной толще. 2. Отбор проб воды из водной толщи и ее фильтрация через ядерные и стекловолоконные фильтры для определения количественного распределения и состава взвеси и фитопигментов, а также исследования растворенных форм углерода и металлов. 3. Постановка притопленных буйковых станций с седиментационными ловушками. 4. Отбор проб донных осадков малым бокскорером Экмана и трубкой Неймисто. 5. Подробный эхолотный промер отдельных районов моря. 6. Определение счетных концентраций аэрозольных частиц в атмосфере с помощью счетчика аэрозольных частиц AeroTrak APC-9303-01, TSI (США). 7. Изучение техногенного

загрязнения радионуклидами (¹³⁷Cs, ^{239,240}Pu) воды и донных осадков и определения скорости осадконакопления по ²¹⁰Pb.

В экспедиции судном было пройдено 1125 морских миль, выполнено 28 станций (рис. 1а). Ниже представлены некоторые предварительные результаты исследований.

Исследование аэрозолей. Концентрации твердых частиц в атмосфере в диапазонах измерений >0.3, >2.5 и >5 мкм варьировали, соответственно, от 8037 до 151512 частиц/л (ч/л), от 6 до 142 ч/л и от 1 до 52 ч/л при средних значениях 75012, 49 и 13 ч/л. Концентрации уменьшались в удаленной от берега части моря при ветрах западных румбов и возрастали вблизи берегов при ветрах юго-западных и южных направлений.

Эхолотный промер. Подробный эхолотный промер в Двинском заливе с целью изучения палеорула р. Северной Двины позволил уточнить его положение и пространственную ориентированность руслового канала, а также выявить особенности мезо- и микрорельефа дна залива.

Гидрофизические исследования. Зафиксировано характерное для второй половины лета вертикальное распределение температуры и солёности в исследованных районах моря. В проливе Восточная Соловецкая Салма (станции 1401, 1402, 1426, 1427) значения поверхностной температуры варьировали от 9 до 12°C при солёности ~26.5 епс. Термо- и галоклин отсутствовал. В Двинском заливе верхний однородный слой составлял 5–6 м с температурой 14.5–16.0°C. Термоклин обнаружен на глубине 6–10 м. Минимум поверхностной температуры воды (~11°C) зафиксирован в северо-восточной части залива. Солёность на поверхности здесь не превышала 25.2 епс. Верхний однородный слой достигал глубины 8 м. Далее до глубины 17 м присутствовал резкий термо- и галоклин.

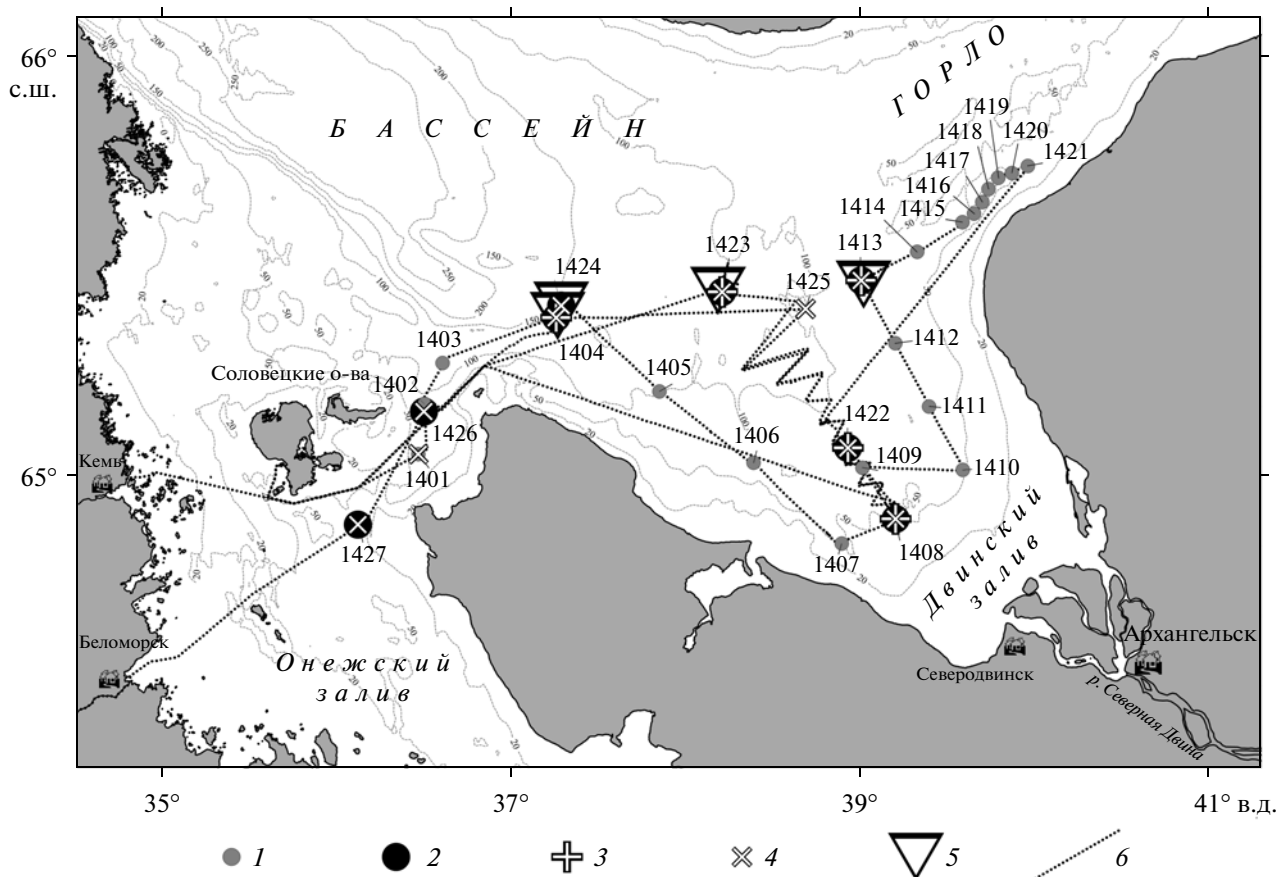


Рис. 1. Маршрут экспедиции и выполненные работы в Белом море, НИС “Эколог”, июль–август 2014 г. 1 – станции CTD и DVS зондирования, 2 – комплексные общесудовые станции, 3 – отбор донных осадков трубкой Неймисто, 4 – отбор донных осадков боксорером, 5 – поставленные буйковые станции, 6 – путь судна.

Вертикальные зондирования на полусуточных станциях показали, что в центре Двинского залива влияние прилива ощущалось до глубины 30 м, а на границе Двинского залива и Бассейна – до глубины 50 м. В Восточной Соловецкой Салме под действием прилива зафиксировано непрерывное вертикальное движение воды.

Водная взвесь. В верхнем деятельном слое (до 15–20 м) концентрация взвеси составила 0.7 мг/л ($n = 15$), варьируя от 0.53 до 1.03 мг/л. В северной части Онежского залива она достигала 1 мг/л у поверхности. Максимальные концентрации взвеси приурочены к верхнему перемешанному слою (характерное распределение измеренных показателей представлено на рис. 2).

В промежуточной воде (под пикноклином) средняя концентрация взвеси была в ~2 раза ниже, чем в верхнем деятельном слое, и составляла 0.3 мг/л ($n = 15$), варьируя от 0.24 до 0.50 мг/л. Нефелонидный слой наблюдался в Восточной Соловецкой Салме, в южной части Бассейна и в Двинском заливе. Концентрация взвеси здесь изменялась от 0.4 до 0.9 мг/л.

Пигменты фитопланктона. Концентрация хлорофилла “а” (хл “а”) в верхнем деятельном слое изменялись от 0.2 до 1.9 мкг/л (в среднем 0.8 мкг/л, $n =$

15). Доля феофитина “а” (от суммы концентраций хл “а” и феофитина “а”), как правило, не превышала 50%, что косвенно указывает на хорошее физиологическое состояние фитопланктона в период наблюдений. В промежуточном и придонном слое водной толщи концентрация хл “а” значительно уменьшалась (до 0.01–0.56 мкг/л). Доля феофитина “а” здесь возрастала до 80%. В Восточной Соловецкой Салме концентрации хл “а” возрастали при малой воде и уменьшались при полной воде по всей толще воды. Концентрация хл “а” в наддонном слое воды (~0–30 см от дна), отобранной с помощью трубки Неймисто, варьировала от 2.6 до 5.9 мкг/л, что в 2–5 раз превышает значения, измеренные в эвфотическом слое. Наиболее высокие значения – в центральной части Двинского залива, в зоне аккумуляции тонкодисперсных илов. Доля феофитина “а” колеблется от 61 до 73%, что соответствует его содержанию в глубинной воде.

Вертикальные потоки вещества. Поставлено 5 притопленных буйковых станций с седиментационными ловушками для изучения вертикальных потоков осадочного вещества. Ст. 1404 выставилась на время проведения экспедиции и была поднята после 6 суток работы. Анализ данных измерителя течений,

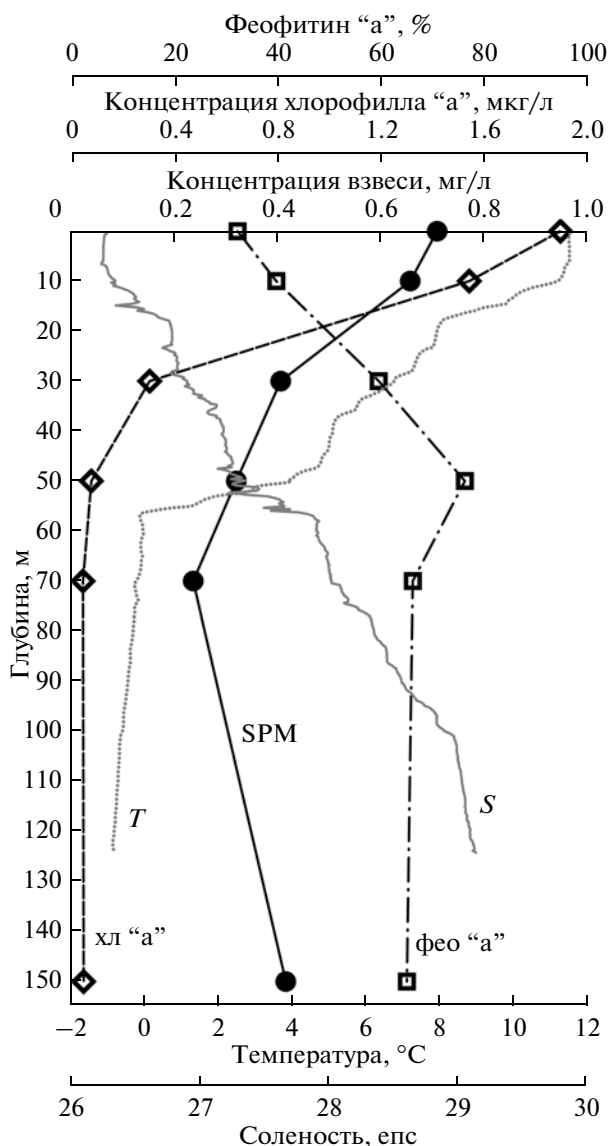


Рис. 2. Вертикальное распределение концентраций взвеси (SPM), хлорофилла "а" (хл "а"), феофитина "а" (фео "а"), температуры (Т) и солености (S) на ст. 1404.

установленного на этой станции, свидетельствует о преимущественном влиянии приливной компоненты в процессе формирования течения. Результирующий перенос водных масс первые двое суток работы станции (1–2 августа) шел в восточном направлении, 2–4 августа он был минимален, а 5–6 августа наблюдалось перемещение водных масс в северо-западном направлении.

Ст. 1428 поставлена в Онежском озере и успешно поднята силами ИВПС КарНЦ РАН. Экспозиция составила 56 суток. Просмотр полученных проб выявил максимум вертикальных потоков осадочного вещества в придонном слое и уменьшение потоков по мере удаления от дна.

Геологические исследования. Геологическое опробование велось на террасированном подводном

склоне глубоководной части Двинского залива. Мощность окисленного поверхностного слоя осадков составил 1–4 см. В разрезе предварительно выделяются осадки, формирующие, так называемую, верхнюю морскую пачку голоценовых осадков, сложенную обводненными текуче-пластичными алеврито-пелитовыми илами серого и оливково-серого цвета. Далее (ниже) с постепенным переходом выделяются существенно пелитовые осадки нижней морской пачки голоценового возраста, характеризующиеся обогащением примазками гидротроилита и своеобразным "мраморовидным" обликом за счет неравномерного распределения темноцветного дисперсного восстановленного органического вещества. В основании вскрытого разреза встречены линзы плотных плохо сортированных осадков (алеврито-пелитовые илы с примесью песка), окрашенные в коричневые тона.

Материал ледового разноса широко представлен практически во всех грунтовых пробах бокс-корера. В основном встречены гравийные зерна средней, реже – плохой окатанности. На грубообломочном материале ледового разноса установлены признаки современного железо-марганцевого конкрециеобразования в виде редких каемок корок обрастания Fe-гидроокислов.

Авторы благодарят академика А.П. Лисицына за научное руководство, В.П. Шевченко, Д.А. Субетто и В.Н. Коваленко за поддержку исследований, Е.О. Золотых, В.Д. Володина, А.О. Коржа, Н.В. Ульянову, а также капитана и экипаж НИС "Эколог" за помощь в экспедиции.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ № 14-05-31512-мол, № 14-05-00223-а, № 14-05-10055, Президента РФ № НШ-2493.2014.5, программы № 23 Президиума РАН (тема 10.1 "Трансевропейский меридиональный морской эколого-геохимический разрез) и программы № 44 Президиума РАН (Проект "Седиментологические и биогеохимические исследования...").

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клювиткин А.А., Кравчишина М.Д., Филиппов А.С. и др. Комплексные исследования Белого моря в июле 2012 г. в экспедиции научно-исследовательского судна "Эколог" // *Океанология*. 2013. Т. 53. № 6. С. 854–856.
2. Политова Н.В., Филиппов А.С., Володин В.Д. и др. Комплексные исследования системы Белого моря в рейсе научно-исследовательского судна "Эколог" летом 2013 г. // *Океанология*. 2014. Т. 54. № 6. С. 855–858.
3. Система Белого моря. Т. III. Рассеянный осадочный материал гидросферы, микробные процессы и загрязнения / Под ред. Лисицына А.П., Немировской И.А. М.: Научный мир, 2013. 668 с.
4. Шевченко В.П., Ананьев Р.А., Гусакова А.И. и др. Исследование системы Белого моря в июле 2010 г. в рейсе научно-исследовательского судна "Эколог" // *Океанология*. 2011. Т. 51. № 6. С. 1137–1140.