

УДК 551.465

КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМЫ БЕЛОГО МОРЯ В РЕЙСЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО СУДНА “ЭКОЛОГ” ЛЕТОМ 2013 г.

© 2014 г. Н. В. Политова¹, А. С. Филиппов¹, В. Д. Володин², Р. Э. Здоровеннов³, М. В. Зуйкова¹, О. А. Зыкова¹, М. Д. Кравчишина¹, И. Ю. Потапова³, В. Р. Таскаев¹, А. В. Толстикова³, А. Е. Яковлев⁴

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

²Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, Москва

³Институт водных проблем Севера Карельского научного центра РАН, Петрозаводск

⁴Северо-Западное отделение Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Архангельск

e-mail: politova@ocean.ru

Поступила в редакцию 21.04.2014 г.

DOI: 10.7868/S0030157414060094

В период с 17 по 27 августа 2013 г. на научно-исследовательском судне Института водных проблем Севера Карельского научного центра РАН “Эколог” были продолжены комплексные исследования Белого моря [2, 3, 6]. Экспедиция была организована и проведена в рамках проекта “Система Белого моря” (руководитель – академик А.П. Лисицын) [4, 5] Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН и Институт водных проблем Севера Карельского НЦ РАН, кроме того, в ней участвовали представители других институтов: Северо-Западного отделения Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН и ГЕОХИ РАН.

Основной целью экспедиции являлось многодисциплинарное исследование Белого моря, состава и потоков осадочного вещества и загрязнений в его водной толще и донных осадках. В рейсе решались следующие основные задачи: 1. Подъем и перестановка буйковых станций с седиментационными ловушками, поставленных в июле 2012 г. в рейсе на НИС “Эколог”. 2. Гидрофизическое (использовался мультипараметрический зонд CTD90M Sea&Sun Technology (Германия)) и гидрооптическое (использовался малогабаритный измеритель вертикального распределения показателя ослабления и температуры ПУМ производства ИО РАН) зондирования водной толщи. 3. Исследование изменения концентраций и состава водной взвеси как в поверхностном слое (для верификации с данными спутниковых сканеров цвета AquaMODIS), так и по вертикали, а также изучение распределения взвешенного органического вещества, фитопигментов, растворенных форм металлов и углерода. 4. Гидрохимическое опробование водной толщи. 5. Радиохимические исследования морской воды. 6. Исследование количества и состава фитопланктона. 7. Исследо-

вание литологии и геохимии донных осадков. 8. Изучение биогеохимических процессов в маргинальных фильтрах (МФ) малых рек.

Район исследования – преимущественно Бассейн Белого моря. Основной задачей работ было исследование по двум продольным профилям, направленным от Горла Белого моря в Бассейн, для изучения крупного структурного фронта и изменений различных океанологических показателей в его пределах. Кроме того, выполнены гидрофизические зондирования в Горле по трем поперечным разрезам для изучения взаимодействия беломорских и баренцевоморских вод и пилообразные профили зондирования у Зимнего берега для изучения и оценки влияния стока реки Северной Двины. Отдельной задачей стали работы в МФ малых рек Нижний Выг, Сорока и Кемь. Маршрут экспедиции показан на рис. 1. В экспедиции было пройдено 827 морских миль (не считая пути по Онежскому озеру и Беломорско-Балтийскому каналу из г. Петрозаводска и обратно). Выполнено 16 комплексных станций с вертикальным зондированием, 15 станций в МФ малых рек, поднято 2 буйковых станции с седиментационными ловушками. Ниже представлены некоторые предварительные результаты.

Измерения основных гидрологических параметров показали, что для данного времени года характерно классическое для Белого моря летнее распределение температуры. Наиболее холодным районом оказалось Горло, где температура поверхностного слоя воды варьировала от 7 до 12°C, а соленость – от 26 до 29 епс. Наиболее теплыми районами были Сорокская и Кемская губы и поверхностный слой Бассейна (до 16°C), при солености около 26 епс. Стратификация в Бассейне ярко выражена (рис. 2). Термоклин соответство-

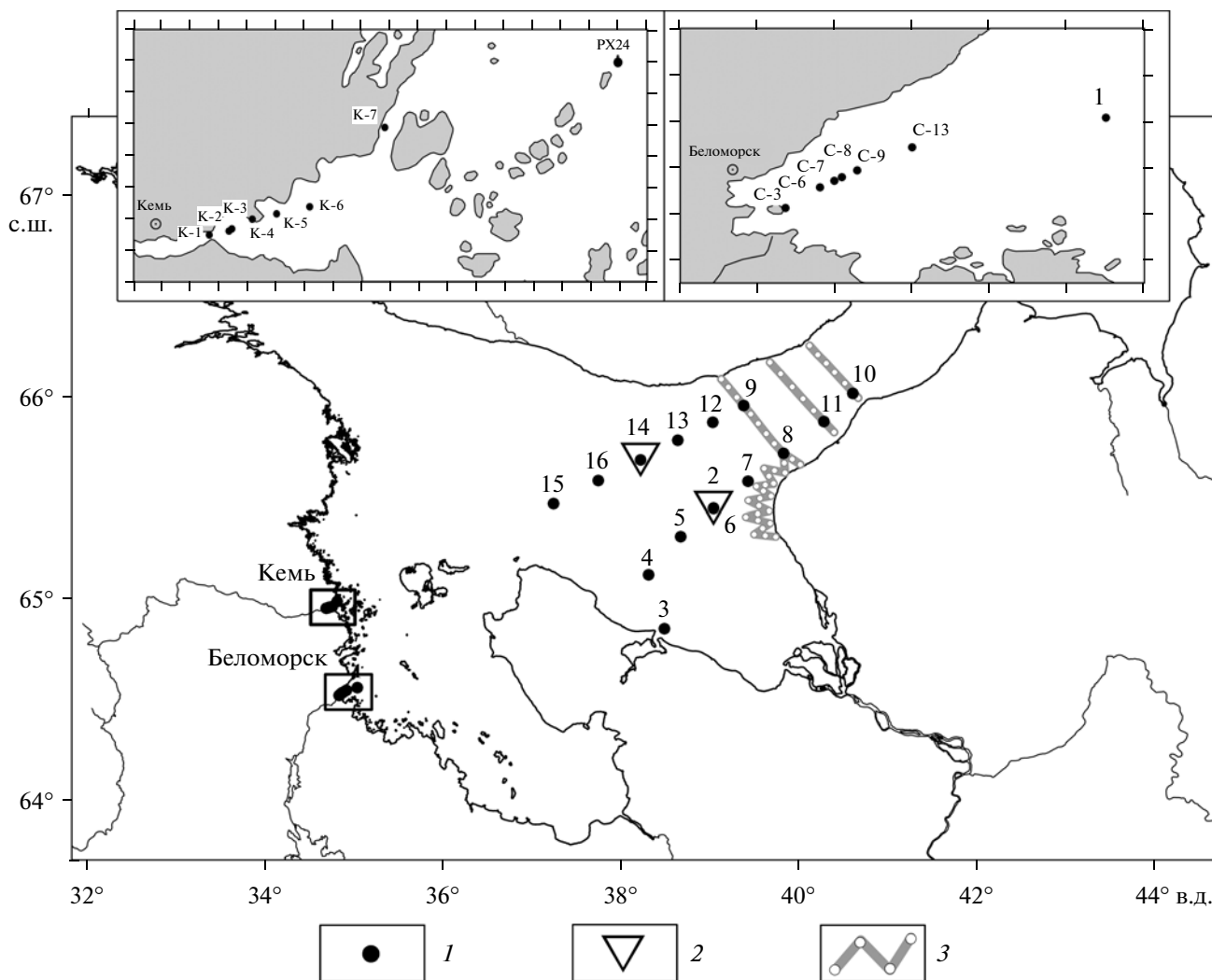


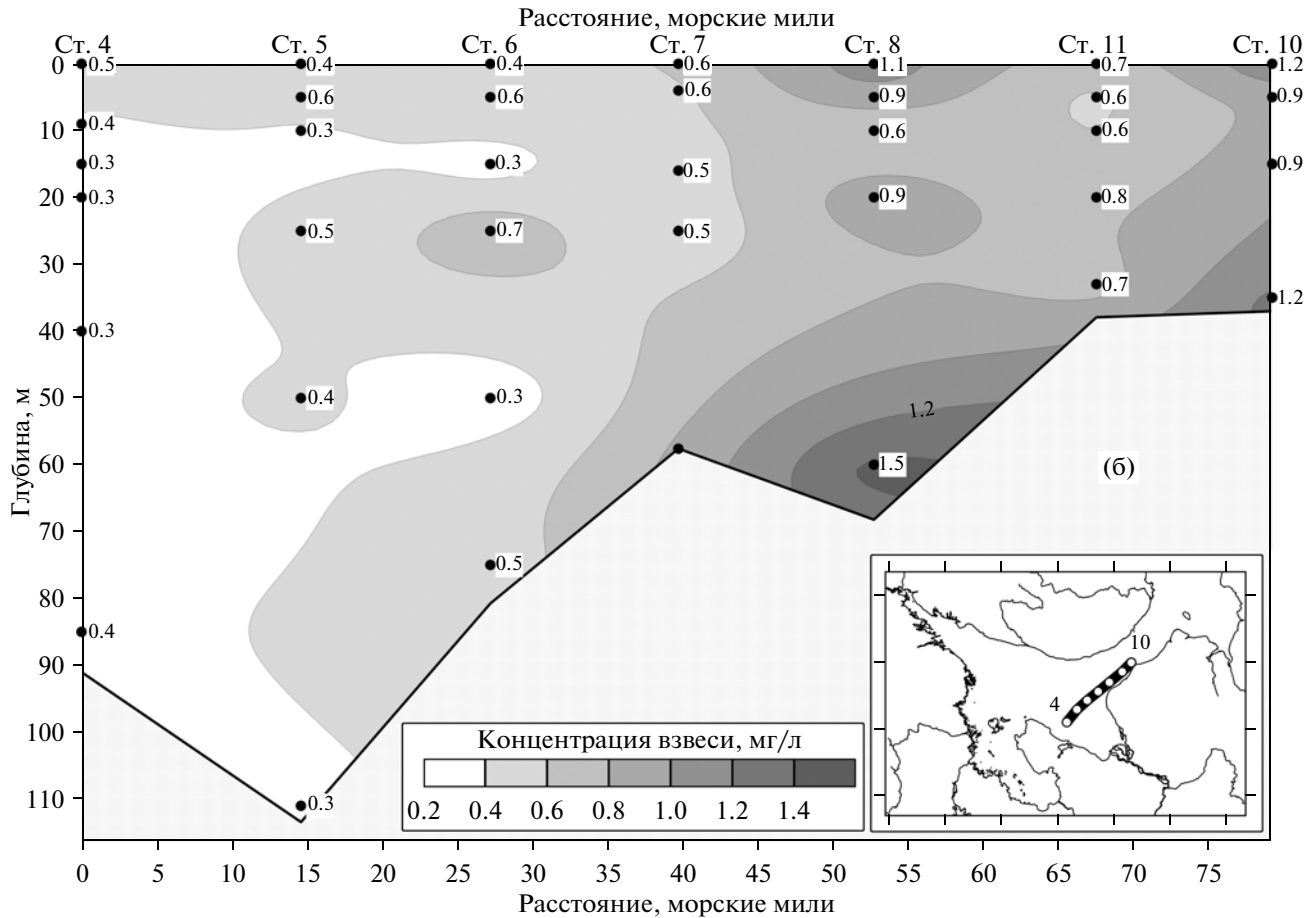
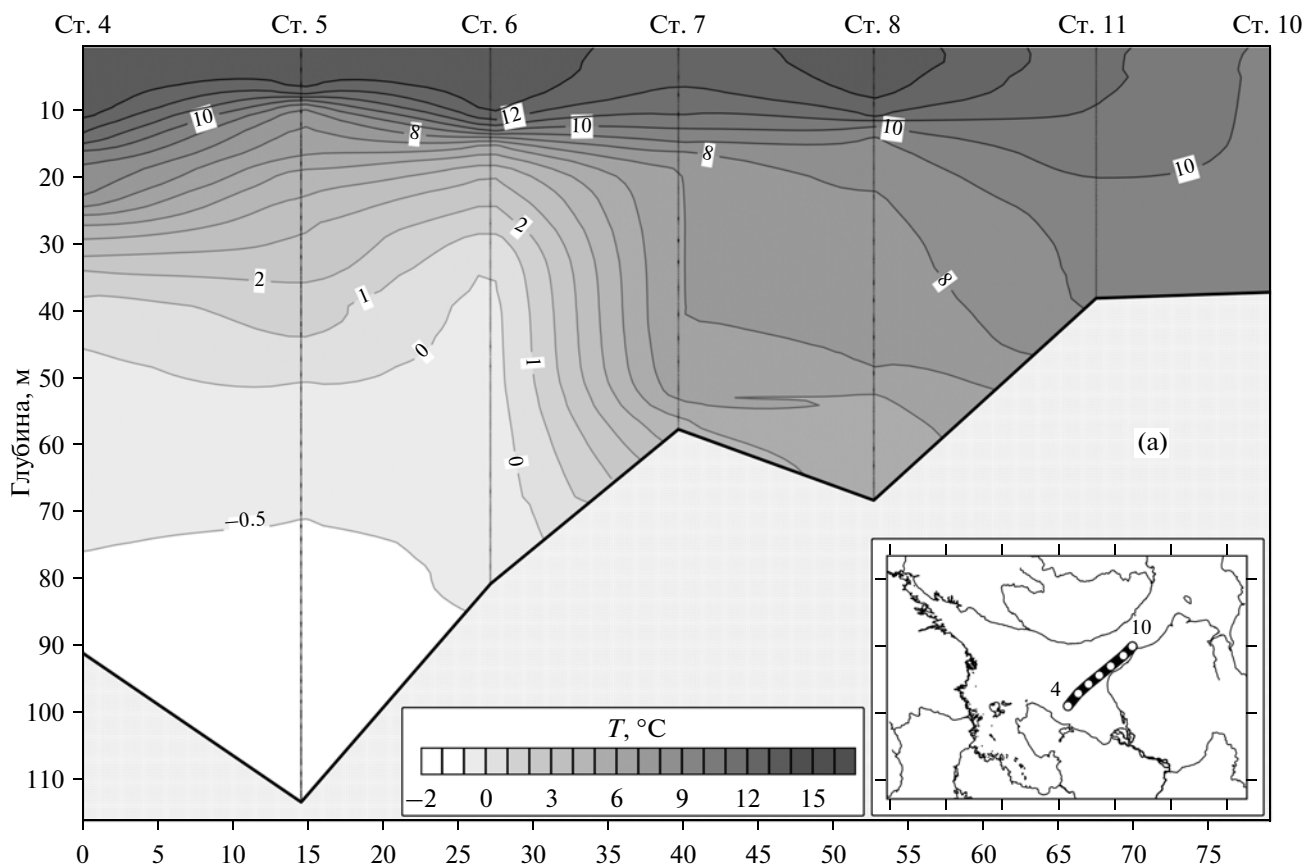
Рис. 1. Карта работ экспедиции на НИС “Эколог” 17–27 августа 2013 г. На врезках показаны районы работ в МФ малых рек: 1 – поднятые буйковые станции; 2 – комплексные общесудовые станции; 3 – гидрофизические разрезы.

вал положению галоклина и находился на горизонтах от 10 до 20 м. Придонные значения температуры были выше 0°C . Лишь на нескольких станциях температура у дна была отрицательной (до -1°C), во всех остальных районах – положительной. Наиболее сложная картина вертикального распределения температуры с интрузиями и инверсиями отмечается на границе Горло–Бассейн. Профилирование вдоль Зимнего берега позволило уточнить структуру водной толщи, которая четко стратифицирована как по температуре, так и по солености. Значения солености вдоль самого берега ниже по сравнению с более мористыми участками разреза, что объясняется действием стокового течения Двинского залива.

Прозрачность вод Белого моря в целом соответствовала данным, полученным в экспедициях в летнее время 2002–2008 гг. [5]. Значения показателя ослабления света морской водой $S(h)$ изменялись в пределах $0.2\text{--}2.4\text{ м}^{-1}$. Вертикальная структура профилей была хорошо выражена. В прибрежных водах наблюдались практически однородные профили $S(h)$, по-видимому, вследствие интенсивного перемешивания, вызванного приливными движениями.

Концентрация взвеси в поверхностном слое в западной части Бассейна составила $0.3\text{--}0.6\text{ мг/л}$, повышаясь до $0.7\text{--}1.2\text{ мг/л}$ в районе Горла, в мелководной области у Зимнего берега. Концентрация хлорофилла “а” (хл “а”) в поверхностном

Рис. 2. Распределение температуры ($^{\circ}\text{C}$) (а) и концентраций взвешенного вещества (мг/л) (б) на “южном” разрезе из Горла в Бассейн Белого моря. Положение разреза показано на врезке.



слое, как правило, колеблется в районе 1 мкг/л, в среднем изменяясь от 0.8 до 1.2 мкг/л. При этом, содержание феофитина “а”, чаще всего, не превышает 20%, что косвенно указывает на высокую фотосинтетическую активность фитопланктона. В целом, для вертикального распределения взвеси и хл “а” характерен максимум в верхнем деятельном слое (до 10–20 м) и резкое уменьшение концентраций под слоем скачка, на некоторых станциях отмечен придонный нефелоидный слой. Максимум хл “а” на большинстве станций приходится на приповерхностный слой 3–12 м. На “южном” разрезе в целом более явно выражены водные массы с повышенным содержанием взвешенного вещества (рис. 2). Это проявляется влиянием стока р. Северной Двины и абразии берегов Зимнего берега. Исследования взвеси в МФ р. Кеми показало, что между изохалинами 0.65 и 23.79 епс концентрация взвеси варьирует в значительных пределах: от 5.75 до 1.41 мг/л, соответственно. Основные преобразования взвеси и фитопигментов происходят при солёности воды около 20 епс. Концентрация хл “а” постепенно уменьшается в направлении река–море от 2.13 до 1.1 мкг/л и увеличивается в морской части МФ. Содержание феофитина “а” на протяжении всего разреза заметно варьирует, но не превышает 40%. Для маргинального фильтра рек Нижний Выг–Сорока был отмечен пик концентрации взвешенного вещества и хл “а” для воды с солёностью 9.13 епс, где также повышена концентрация общего и минерального фосфора, что, вероятно, могло повлечь за собой более активное развитие фитопланктона в условиях просветления воды после прохождения гравитационной ступени МФ.

На основании результатов гидрохимических исследований следует отметить, что воды Белого моря насыщены кислородом (75–108%) из-за вертикального перемешивания вод в результате работы постоянных приливных течений, а также общей циркуляции вод моря. Наибольшим из всех форм азота было содержание нитратов (0.01–0.14 мгN/л). В морских водах наблюдалось низкое содержание фосфора минерального (1–32 мкг/л) и высокое – кремния (0.05–1.55 мг/л). Для вертикального распределения биогенных элементов в водной толще моря характерна стратификация. Только в Горле из-за повышенной гидродинамики вод отмечалось однородное распределение всех биогенов.

В пробах воды, отобранных в различных частях акватории Белого моря, содержания техногенного

^{137}Cs не превышают средне фоновых значений, характерных для морей Российского сектора Арктики. Во всех пробах наблюдалось снижение удельной активности ^{137}Cs в поверхностном слое воды по сравнению с предыдущими исследованиями [1]. Это является следствием самоочищения природной среды и говорит об отсутствии в настоящее время утечек радиоактивных веществ за пределы локальных границ потенциально опасных радиационных объектов.

Экспедиция финансировалась за счет проекта “Трансевропейский эколого-геохимический морской разрез” (руководитель – академик А.П. Лисицын) Программы 23 фундаментальных исследований Президиума РАН и экспедиционного гранта РФФИ.

Участники рейса благодарны за поддержку и советы академику А.П. Лисицыну. Мы признательны за помощь в организации и проведении экспедиции директору Института водных проблем Севера Карельского НЦ РАН профессору Д.А. Субетто, заместителю директора Института водных проблем Севера Карельского НЦ РАН В.Н. Коваленко и экипажу НИС “Эколог”. Благодарим С.В. Вазюлю за предоставление и обработку спутниковых данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алиев Р.А., Бобров В.А., Калмыков С.Н. и др. Радиоактивность Белого моря // Радиохимия. 2006. Т. 48. № 6. С. 557–561.
2. 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.
3. Лукашин В.Н., Кособокова К.Н., Шевченко В.П. и др. Результаты комплексных океанографических исследований в Белом море в июне 2000 г. // Океанология. 2003. Т. 43. № 2. С. 237–253.
4. Система Белого моря. Т. 2. Водная толща и взаимодействующие с ней атмосфера, криосфера, речной сток и биосфера / Под ред. А.П. Лисицына и И.А. Немировской. М.: Научный мир, 2012. 784 с.
5. Система Белого моря. Т. 3. Рассеянный осадочный материал гидросферы, микробные процессы и загрязнение / Под ред. А.П. Лисицына и И.А. Немировской. М.: Научный мир, 2013. 668 с.
6. 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.