

УДК 551.465

СИСТЕМНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ БЕЛОГО МОРЯ В ПЕРИОД ЛЕТНЕЙ МЕЖЕНИ 2009 г. В РЕЙСЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО СУДНА “ЭКОЛОГ”

© 2010 г. В. П. Шевченко¹, Р. Э. Здоровеннов², М. Д. Кравчишина¹, И. П. Кутчева³,
А. Н. Новигатский¹, Н. В. Политова¹, И. Ю. Потапова², Д. И. Приходько⁴, Ю. Л. Сластина²,
Е. В. Теканова², А. В. Толстиков², А. С. Филиппов³, А. Л. Чульцова⁵, К. А. Щербаков¹

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

²Институт водных проблем Севера Карельского НЦ РАН, Петрозаводск

³Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург

⁴Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе, Москва

⁵Северо-Западное отделение Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Архангельск

e-mail: vshevch@ocean.ru

Поступила в редакцию 24.02.2010 г.

В период с 5 по 17 июля 2009 г. в Белом море была проведена 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) [5] и проекта по изучению особенностей природных процессов в районах приливных побережий Белого моря (руководители чл.-корр. РАН Ю.С. Долотов и чл.-корр. РАН Н.Н. Филатов) [2, 8]. В экспедиции участвовали сотрудники Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН (в том числе его Северо-Западного отделения), Института водных проблем Севера Карельского НЦ РАН, ФГУНПП “Севморгео”, НИИ ядерной физики им. Д.В. Скобельцына МГУ, Российского государственного геологоразведочного университета им. С. Орджоникидзе, Зоологического института РАН. Маршрут экспедиции показан на рис. 1.

Целью экспедиции являлось многодисциплинарное исследование природной среды Белого моря в период летней межени с охватом всей системы океанологии (физики, химии, биологии и геологии) в их динамике и взаимодействии в пространстве и во времени (четырёхмерный подход).

В экспедиции решались **следующие задачи**:

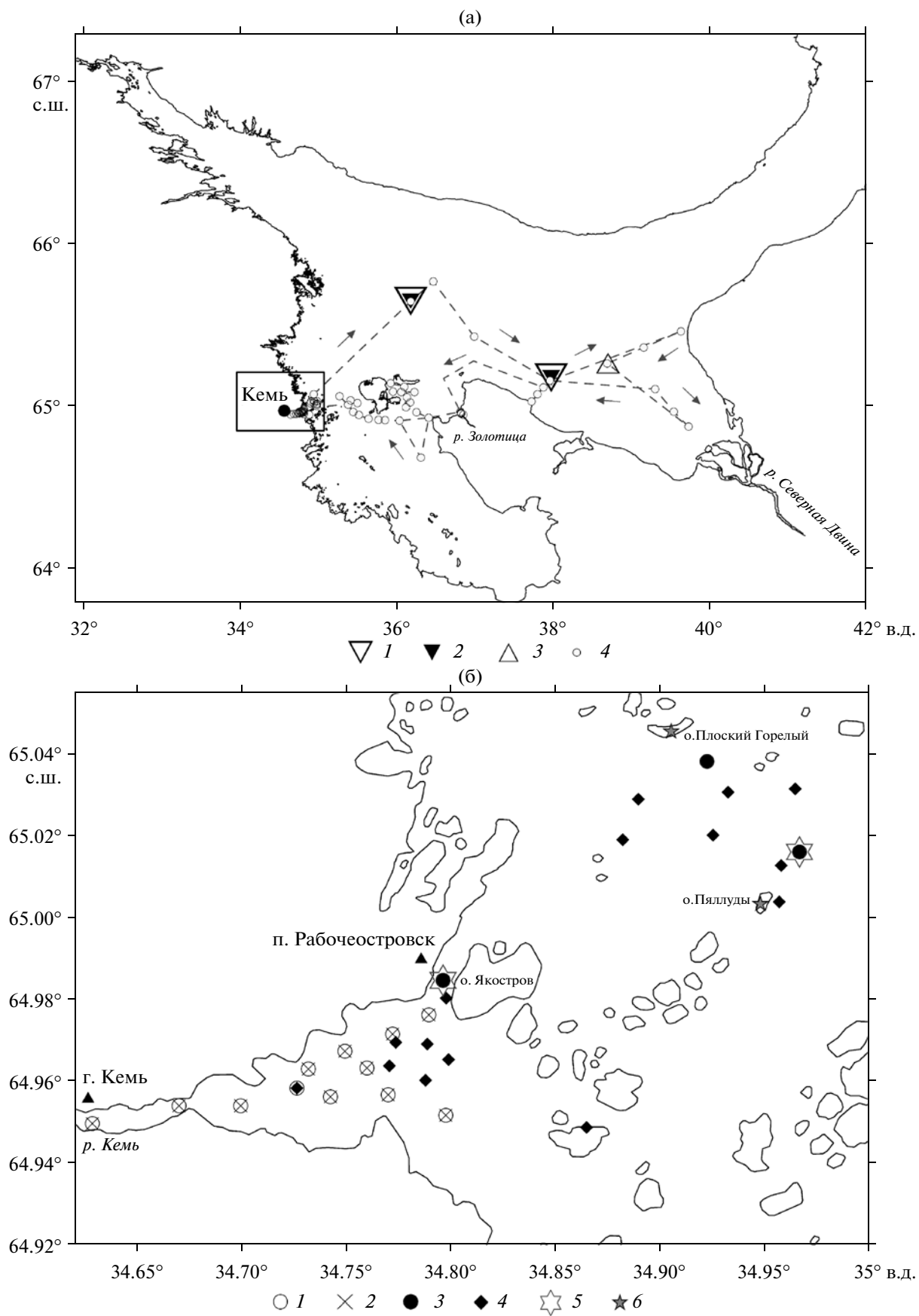
1. Изучение геохимических процессов на границе река – море (маргинальные фильтры рек Кемь и

Золотица, впадающих в Онежский залив). 2. Максимальное использование данных спутников цвета (построение карт распределения взвеси, хлорофилла, температуры). 3. Работа на ходу судна с отбором проб с поверхности для верификации данных спутников (хлорофилл, взвесь). 4. Гидрофизическое зондирование на станциях многопараметрическим зондом CTD 90M (Sea & Sun) с определением температуры, солёности, мутности и ряда других параметров. 5. Определение глубины видимости диска Секки. 6. Отбор проб воды с поверхности и из водной толщи и её фильтрация через ядерные и стекловолоконные фильтры для определения количественного распределения и состава взвеси и исследования состава растворённой фазы (углерод, металлы, углеводороды). 7. Изучение бактерио-, фито- и зоопланктона. 8. Измерение первичной продукции и деструкции органического вещества в маргинальном фильтре р. Кемь скляночным методом в кислородной модификации. 9. Подъём буйковых станций с седиментационными ловушками со сменными стаканами, поставленных в июле 2008 г. в рейсе НИС “Эколог”, и постановка новых станций на период до июля 2010 г. 10. Отбор проб донных осадков дночерпателем и трубкой Неимисто. 11. Геофизические работы с помощью высокочастотного ЛЧМ-профилографа ПГ-400, конструктивная основа которого была разработана в ФГУНПП “Севморгео”, а макет изготовлен в Морфизприборе (Санкт-Петербург). 12. Отбор проб лишайников и

Рис. 1. Районы экспедиционных исследований в рейсе НИС “Эколог” в Белом море в июле 2009 г.

(а) – маршрут рейса (прямоугольником показан район маргинального фильтра р. Кемь). 1 – постановка буйковых станций, 2 – поднятые буйковые станции, 3 – ненайденные буйковые станции, 4 – комплексные общесудовые станции.

(б) – схема станций в маргинальном фильтре р. Кемь. 1 – CTD-зондирование, 2 – пробы воды с поверхности, 3 – пробы воды с горизонтов и дночерпатель, 4 – дночерпатель, 5 – суточная станция с донным измерителем течений ADP, 6 – высадка на берег с отбором мхов, лишайников.



мхов на островах архипелага Кемские шхеры и на берегу р. Летняя Золотица в ее устье для исследования накопления тяжелых металлов и радионуклидов, поступающих из атмосферы, природными архивами.

В экспедиции судном было пройдено 496 морских миль, выполнена 71 станция, в том числе 2 суточных и 1 полусуточная. В период выполнения суточных станций для работ на прилегающей акватории использовался катер “Казанка 5 М”. Экспедиция была проведена в два этапа. Первый этап с 5 по 12 июля проходил в Онежском и Двинском заливах и в Бассейне, второй – с 14 по 17 июля в маргинальном фильтре р. Кемь. 13 июля была произведена частичная смена участников. Методы исследований описаны в ряде работ [2, 3, 5, 7, 8].

Предварительные результаты показывают, что распределение температуры, солёности и плотности 5–12 июля 2009 г. было типичным для периода летней межени [1]. Температура воды на поверхности моря варьировала от 7 до 14°C; наиболее высокие значения отмечены в кутовой части Двинского залива (в зоне влияния речного стока р. Северная Двина), наиболее низкие – в северо-восточной части Двинского залива около м. Зимнегорский (влияние баренцевоморских вод) и в проливе Восточно-Соловецкая Салма (квазипостоянный апвеллинг). На глубоководных станциях выражена стратификация. Суточный термоклин практически не был выражен, что связано с относительно прохладной погодой в течение периода наблюдений. Глубина расположения сезонного термоклина колебалась от 15 до 40 м для всех районов измерений, кроме Восточно-Соловецкой Салмы, где благодаря мощным приливоотливным течениям водная толща перемешана от поверхности до дна. Температура воды в придонном слое в Бассейне и Двинском заливе близка к –1°C. Солёность на поверхности моря колебалась от 13 до 26 psu. Наиболее распреснен поверхностный слой Двинского залива. Максимальная солёность наблюдалась в Бассейне и в районе Соловецкого архипелага. Положение галоклина в целом соответствует положению термоклина, но здесь характерно наличие локальных флуктуаций. Солёность придонного слоя составляла 28–29 psu.

Во время рейса НИС “Эколог” в Белом море в период с 5 по 17 июля 2009 г. было характерное для летней межени низкое содержание биогенных элементов, хлорофилла, взвеси [3, 4, 6, 9]. Значения мутности, полученные с помощью STD-зонда, значительно колебались в зависимости от района. Максимальные значения мутности отмечены в устьях рек и на мелководье. На вертикальных разрезах отмечено снижение мутности ниже пикноклина и ее увеличение вблизи дна (нефелоидный слой). Например, в Бассейне и Двинском заливе концентрация взвеси в основном была ниже 1 мг/л.

В устье р. Кемь, при солёности вод менее 1 psu, концентрации взвеси составляли 2.0–2.5 мг/л в фазу прилива, и 2.9–3.6 мг/л в фазу отлива (рис. 2). В зоне смешения (1–20 psu) были отмечены увеличения концентраций взвеси до 4.1 мг/л. При солёности более 20 psu содержание взвеси уменьшалось до 1.1 мг/л и менее. В среднем, в отлив концентрации взвеси были выше, чем в прилив. Также в зоне смешения р. Кемь были выполнены две суточные станции с почасовым STD-зондированием и отбором проб воды в обе фазы приливного цикла. На суточной станции, расположенной вблизи порта Кемь, отчетливо прослеживалось влияние реки, солёность на поверхности изменялась от 9 psu в отлив до 17 psu в прилив, а в придонном слое практически не изменялась и составляла 23.4–23.7 psu. Концентрация взвеси в поверхностном слое изменялась незначительно: 2.7 мг/л в отлив, 2.2 мг/л в прилив, в придонном слое 1.5 и 1.9 мг/л, соответственно. Распределение температуры, солёности и взвеси по глубине на суточной станции, расположенной во внешней части эстуария, было более однородным. Солёность изменялась от 24.3 до 24.7 psu, а концентрация взвеси не превышала 0.5–0.7 мг/л в полную и малую воду.

Средняя концентрация хлорофилла *a* в поверхностных водах (горизонт 0 м) изученной акватории Белого моря составляла 1.3 мкг/л, варьируя от 0.5 до 2.6 мкг/л. Сравнительно высокие значения концентрации выявлены вблизи южных берегов Соловецких островов в районе квазипостоянного апвеллинга. С глубиной концентрация хлорофилла *a* закономерно уменьшается и уже на глубине 20–25 м колеблется от 0.1 до 0.4 мкг/л. Однако в тонком придонном слое воды (до 50 см от дна) его значения могут значительно возрастать, достигая в собственно наддонной воде (0–20 см от дна) 2.0 мкг/л.

15 и 16 июля в маргинальном фильтре р. Кемь в поверхностном слое воды скорость первичного продуцирования органического вещества изменялась от 6 до 80 мг С м⁻³ сут⁻¹ в зависимости как от глубины и удаленности от берега, так и от фазы приливного цикла. На одних и тех же станциях наибольшие величины первичной продукции выявлены в период прилива. Скорость деструкции органического вещества в поверхностном слое воды находилась в пределах 17.3–38.0 мг С м⁻³ сут⁻¹, кроме пресноводной станции (глубина 1.5 м) во время отлива, где деструкционная активность достигала 130 мг С м⁻³ сут⁻¹.

Исследования зоопланктона были проведены в маргинальном фильтре р. Кемь в период с 14 по 17 июля. На небольшом расстоянии от устьевого створа реки Кемь (примерно шесть километров) произошла смена доминантных видов зоопланктона с пресноводных на морские. Если в реке доминировали пресноводные коловратки, то на последней станции наиболее многочисленными стали личинки усоногих раков, что типично для Онежского за-

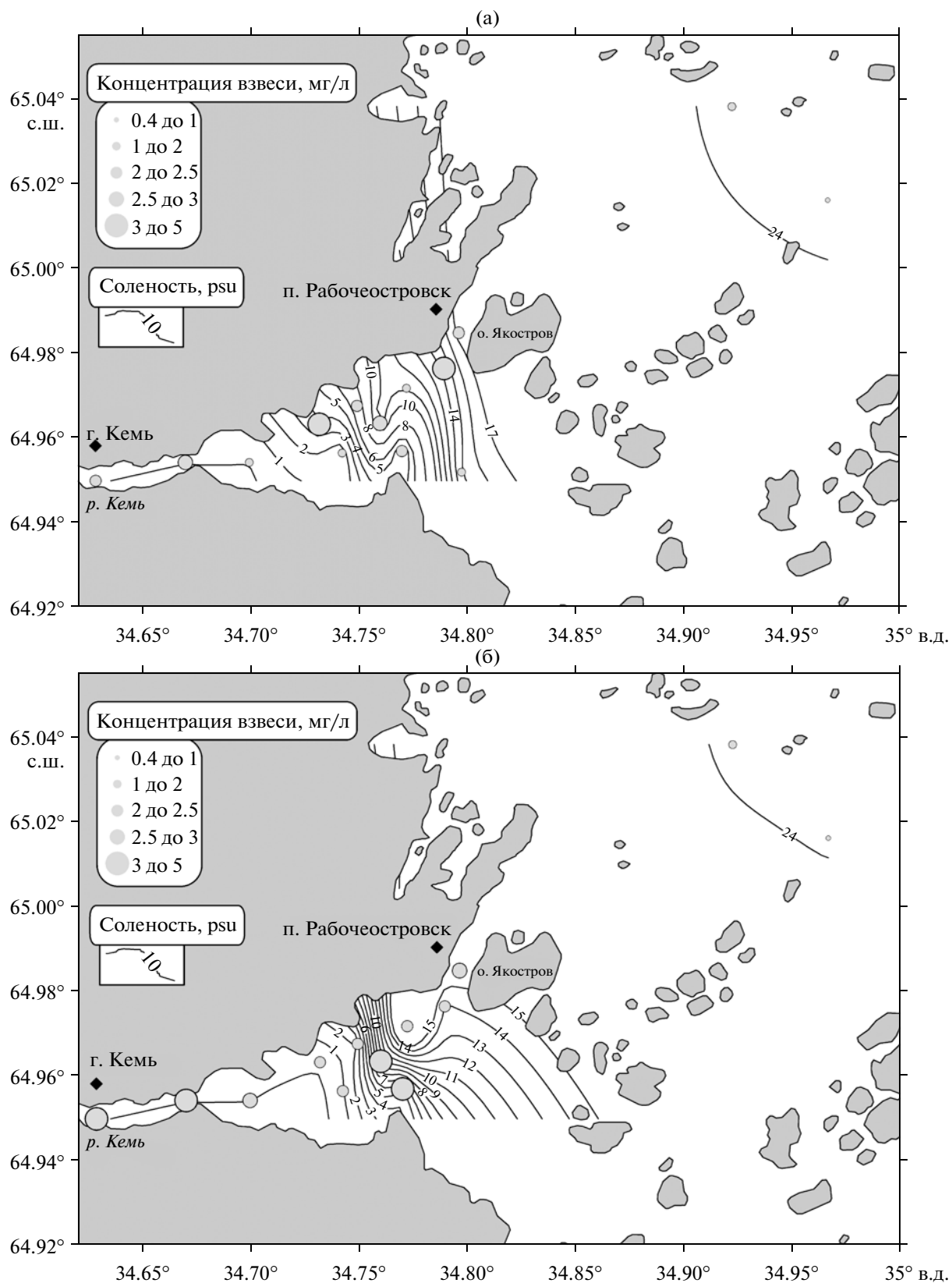


Рис. 2. Распределение солености и концентраций взвеси в поверхностном слое (0–1 м) маргинального фильтра р. Кемь: (а) – полная вода; (б) – малая вода.

лива [2]. Наибольшие изменения видны в средней части разреза. Морские виды доходят практически до самого устья реки Кемь. Состав зоопланктона был разнообразным, сменялся в зависимости от фазы прилива. Всего отмечено 50 видов и форм. Характерно пятнистое распределение зоопланктона, причем разница в показателях плотности и биомассы оказалась весьма значительной в зависимости от фазы прилива.

В экспедиции были подняты 2 буйковые станции, простоявшие в море 1 год. С помощью седиментационных ловушек со сменными стаканами, стоявшими на этих станциях, была получена летопись сезонности вертикального потока осадочного вещества с разрешением 1 месяц. При предварительном анализе материала установлено высокое значение потоков вещества в мае–июне, а также в сентябре, самые низкие значения характерны для октября–ноября.

Получен большой объем данных и проб. Проводится обработка материала.

Авторы признательны экипажу НИС “Эколог”, Е.Ю. Алексеевой, Р.А. Алиеву, О.В. Назаровой, М.А. Никитину за помощь в экспедиции, академику А.П. Лисицыну, чл.-корр. РАН Н.Н. Филатову, чл.-корр. РАН Ю.С. Долотову, В.Н. Коваленко, О.Ю. Корнееву, А.Е. Рыбалко, О.В. Копелевичу за поддержку, С.В. Вазюле за предоставление спутниковых данных.

Финансирование экспедиции осуществлялось при поддержке РФФИ (гранты № 09-05-10081, № 09-05-00658 и № 08-05-00860), Программы 17 фундаментальных исследований Президиума РАН (проект 17.1) и гранта поддержки ведущих научных школ № НШ-361.2008.5.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. II. Белое море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия / Под ред. Глуховского Б.Х. Л.: Гидрометеиздат, 1991. 240 с.
2. Долотов Ю.С., Филатов Н.Н., Шевченко В.П. и др. Комплексные исследования в Онежском заливе Белого моря и эстуарии реки Онега в летний период // *Океанология*. 2008. Т. 48. № 2. С. 276–289.
3. Кравчишина М.Д. Взвешенное вещество Белого моря и его гранулометрический состав. М.: Научный мир, 2009. 264 с.
4. Кравчишина М.Д., Мицкевич И.Н., Веслополова Е.Ф. и др. Взаимосвязь взвеси и микроорганизмов в водах Белого моря // *Океанология*. 2008. Т. 48. № 6. С. 900–917.
5. Лисицын А.П. Новые возможности четырехмерной океанологии и мониторинга второго поколения — опыт двухлетних исследований на Белом море // *Актуальные проблемы океанологии* / Гл. ред. Лаверов Н.П. М.: Наука, 2003. С. 503–556.
6. Лисицын А.П., Шевченко В.П., Буренков В.И. и др. Взвесь и гидрооптика Белого моря — новые закономерности количественного распределения и гранулометрии // *Актуальные проблемы океанологии* / Гл. ред. Лаверов Н.П. М.: Наука, 2003. С. 554–605.
7. Налетова И. А., Сапожников В.В. Биогенные элементы и продукционно-деструкционные процессы в Белом море // *Океанология*. 1993. Т. 33. № 2. С. 195–200.
8. *Shevchenko V.P., Dolotov Y.S., Filatov N.N. et al. Biogeochemistry of the Kem' River estuary, White Sea (Russia)* // *Hydrology and Earth System Sciences*. 2005. V. 9. P. 57–66.
9. *White Sea. Its Marine Environment and Ecosystem Dynamics Influenced by Global Change* / Eds. Filatov N. et al. Berlin: Springer, 2005. 472 p.