

УДК 551.46, 574.58, 579.26

КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОТДЕЛЯЮЩИХСЯ ВОДОЕМОВ НА РАЗНЫХ СТАДИЯХ ИЗОЛЯЦИИ ОТ БЕЛОГО МОРЯ В МАРТЕ 2012 г.

© 2013 г. Е. Д. Краснова¹, А. Н. Пантюлин², Т. А. Белевич¹, Д. А. Воронов^{3, 4}, Н. А. Демиденко⁵, Л. С. Житина¹, Л. В. Ильяш¹, Н. М. Кокрятская⁶, О. Н. Лунина⁷, М. В. Мардашова¹, А. А. Прудковский¹, А. С. Саввичев⁷, А. С. Филиппов⁸, В. П. Шевченко⁸

¹Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, биологический факультет

²Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, географический факультет

³Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН, Москва

⁴Научно-исследовательский институт физико-химической биологии им. А.Н. Белозерского МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва

⁵Государственный океанографический институт им. Н.Н. Зубова, Москва

⁶Институт экологических проблем Севера УрО РАН, Архангельск

⁷Институт микробиологии им. С.Н. Виноградского РАН, Москва

⁸Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва

e-mail: e_d_krasnova@wsbs-msu.ru

Поступила в редакцию 6.06.2012 г., после доработки 21.06.2012 г.

DOI: 10.7868/S0030157413050067

На полуострове Киндо (Кандалакшский залив Белого моря) с 20 марта по 2 апреля 2012 г. работала комплексная экспедиция по изучению соленых водоемов, которые образуются путем отделения морских заливов от моря вследствие изостатического подъема берега. В экспедиции участвовали сотрудники Биологического и Географического факультетов МГУ им. М.В. Ломоносова, Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Института микробиологии им. С.Н. Виноградского РАН, Государственного океанографического института им. Н.Н. Зубова, Института экологических проблем Севера УрО РАН и Института проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН. Работы проводились на базе Беломорской биологической станции им. Н.А. Перцова МГУ им. М.В. Ломоносова.

Функционирование экосистемы Белого моря неразрывно связано с процессами, происходящими в водосборном бассейне. Одним из наиболее слабо изученных процессов является формирование меромиктических озер в результате отделения от моря небольших заливов. Исследования отделяющихся водоемов (ОВ) в Белом море до сих пор были ограничены летним периодом, данные о зимнем состоянии ОВ отсутствуют.

Цель экспедиции – междисциплинарные исследования водоемов на разных стадиях отделения от моря в районе пролива Великая Салма, Ругозерской и Чернореченской губ в ранне-весенний период, а также биоты, связанной с ледовым

покровом и постоянной полыньей в проливе Великая Салма.

В экспедиции решались следующие задачи: 1. Изучение гидрофизических и гидрохимических характеристик ОВ. 2. Изучение особенностей формирования сероводородного заражения ОВ. 3. Изучение видового состава и оценка обилия зоо- и фитопланктона в ОВ. 4. Изучение биоразнообразия анаэробных бактерий, определение величины продукции аноксигенного и оксигенного фотосинтеза и продукции бактерий в поверхностной и придонной водных массах в ОВ. 5. Оценка видового состава и обилия криофлоры, вертикального распределения флоры в толще льда и пространственной неоднородности в ОВ и морской акватории. 6. Определение изотопного состава углерода органического вещества в отфильтрованной взвеси из разных слоев воды. 7. Изучение процессов осадконакопления и выполнение литолого-геохимических исследований донных осадков. 8. Сбор данных о составе, мощности и основных направлениях эолового переноса. 9. Организация и проведение количественного учета морских уток на холодной зимовке в системе полыней Ругозерской губы совместно с Кандалакшским заповедником, дайв-центром “Полярный круг” и Бассейновым советом Северо-Карельского побережья.

В ходе экспедиционных работ было обследовано пять ОВ: озера Кисло-Сладкое (полупресная лагуна), Трехцветное, Нижнее Ершовское, Верх-

нее Ершовское, лагуна на Зеленом мысу (по тексту озеро) (рисунок). Также выполнены исследования льда, донных осадков, ледовой биоты и снега на морской акватории – в Ругозерской и Ермолинской губах.

Исследованные ОВ находятся на разных стадиях отделения от моря. Согласно наблюдениям в летний период Верхнее Ершовское озеро является полностью пресным, в Нижнем Ершовском озере солоноватые воды (до 9 епс) регистрируются только в донных ямах. Озеро Трехцветное считается полностью отделившимся от моря с верхним двухметровым слоем пресной воды, аналогично поверхностный слой распреснен и в Кисло-Сладком озере. В озере на Зеленом мысу еще существует постоянный водообмен с морем, уровень озера испытывает приливно-отливные колебания с амплитудой около 10 см.

Проведены измерения температуры, солёности, рН и Eh в столбе воды. Отобраны пробы зоопланктона, фитопланктона, пробы воды для химического, микробиологического анализа и определения содержания взвеси, взвешенного органического углерода, липидов, анализа взвеси под сканирующим электронным микроскопом, атомно-абсорбционного анализа, масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой, определения изотопного состава кислорода и водорода. Отобраны керны грунта для определения гранулометрического, минерального, химического состава разных слоев осадка и активности радиоизотопов ^{210}Pb и ^{137}Cs , собраны пробы свежевыпавшего снега и снега из шурфов для определения состава растворенной фазы (органический углерод и металлы) и нерастворимых частиц (элементный состав и содержание сажевого углерода), а также потока нерастворимых частиц из атмосферы за период снегонакопления. Отобраны керны льда для определения содержания в них осадочного материала, органического углерода, гранулометрического, минерального и химического состава осадочного материала, видового состава и обилия ледовой флоры и фауны.

Предварительные результаты. Во всех ОВ выявлена стратификация водного столба по температуре и солёности, что является нехарактерным для мелководных водоемов в конце зимнего сезона. Вертикальная термохалинная структура вод дает основание предположить адвекцию морских вод в ОВ в зимний период. Так, поверхностный слой в озерах Трехцветное и Нижнее Ершовское был не пресным, а солоноватым (1.1–5 епс), в Кисло-Сладком озере имел полную морскую солёность 26.2 епс, а в озере на Зеленом мысу имел солёность 28.8 епс, что выше солёности поверхностного слоя в море (25.9 епс). И только Верхнее Ершовское озеро, как и летом, оказалось полностью пресным.

В озерах Трехцветное и Нижнее Ершовское впервые для Белого моря зарегистрирован феномен соленой воды с положительной температурой в конце зимы на глубине всего 1 м от поверхности.

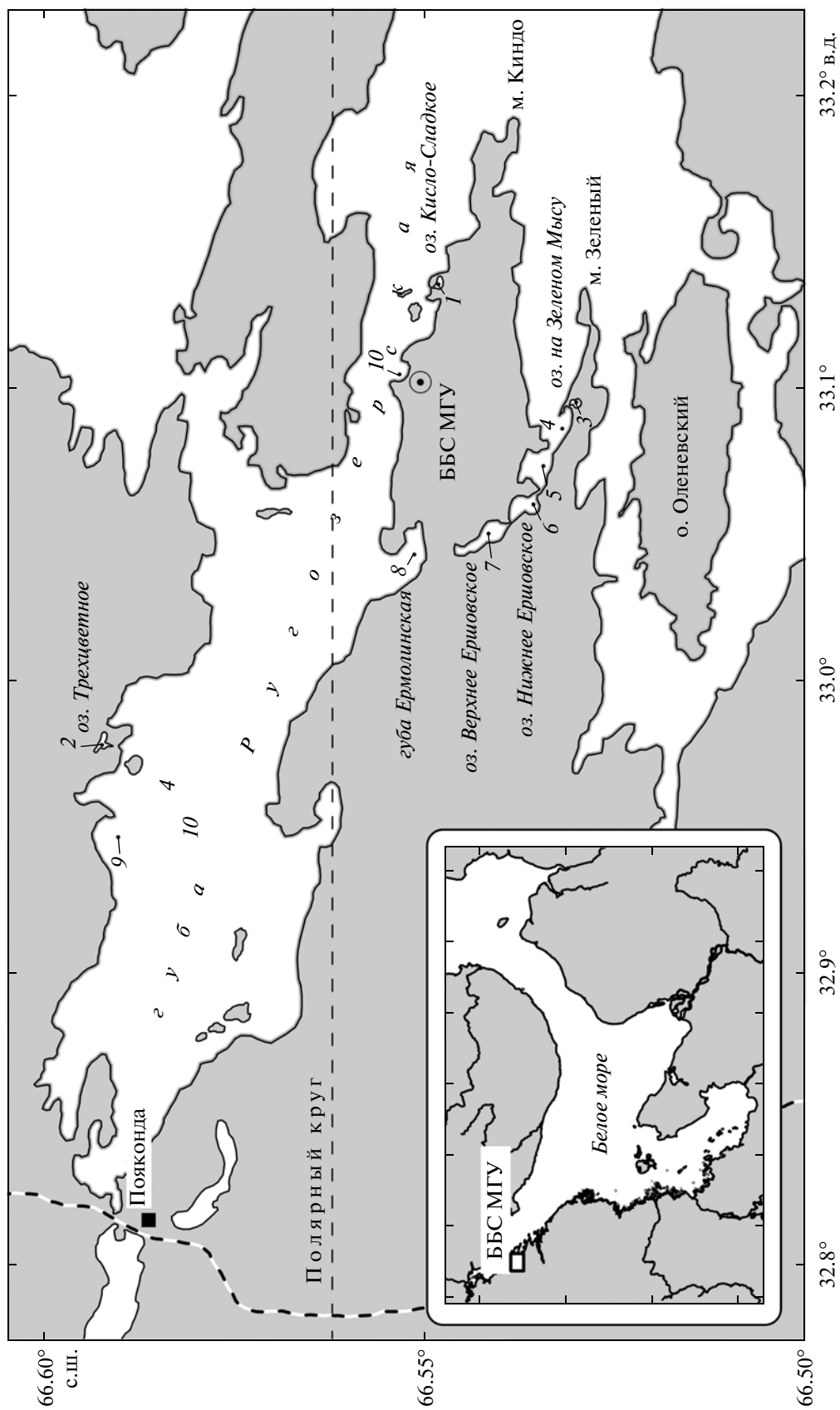
Во всех ОВ содержание сероводорода увеличивалось с глубиной. Наибольшая концентрация отмечена в озере Трехцветное, наименьшая – в Нижнем Ершовском озере. В придонном слое Кисло-Сладкого озера содержание сероводорода было существенно ниже летне-осенних значений. Наибольшее содержание растворенного реакционно-способного железа зарегистрировано в Верхнем Ершовском озере.

Микробиологический анализ вод Кисло-Сладкого и Трехцветного озер выявил наличие живых анаэробных фототрофных бактерий. В озере Трехцветное преобладали зеленоокрашенные серные бактерии (предположительно *Chlorobium limicola*).

Численность зоопланктона в Кисло-Сладком озере была существенно меньше, чем обычно в этот сезон на прилегающей морской акватории. Тогда как в озере на Зеленом мысу обнаружен разнообразный и многочисленный зоопланктон. Доминировали копеподы *Acartia longiremis* и *Pseudocalanus minutus*.

Структура льда в ОВ исследована впервые. Толщина снежного покрова варьировала от 12 до 35 см, верхние 15–20 см ледового покрова состояли из чередующихся слоев матового льда и жидкой льдистой массы, ниже выявлена характерная для морского льда структура: матовый слой, под ним кристаллический прозрачный слой и затем нижний пористый слой. В Трехцветном озере в нижней части керна пористый слой отсутствовал, нижние 5 см состояли из прозрачного пресного льда.

В верхних слоях льда Кисло-Сладкого озера снежного и водного генезиса доминировали диатомовые водоросли, типичные для морских льдов. В нижних слоях с кристаллической и столбчатой структурой доминировала крупная (длина 20–33 мкм) криптофитовая водоросль *Cryptomonas* sp. Доминирование криптофитовых водорослей не типично как для Белого моря, так и для арктических льдов в целом. На морской акватории выявлено два участка (станции 8 и 9) с выраженным “цветением” криофлоры на нижней поверхности льда. В Ермолинской губе “цветение” имело типичные для морского льда черты: доминировали диатомовые водоросли, такие как *Nitzschia frigida*, *Navicula gelida*, *Pauliella taeniata*, *Entomoneis paludosa*, *E. kjellmanii* и др. Совершенно другим был состав ледовой альгофлоры в Ругозерской губе, где в нижнем окрашенном в розовый цвет слое льда в массе развивалась зеленая водоросль, предварительно определенная как *Chloromonas nivalis*. Для водоросли *C. nivalis* предпочтительным био-



Район экспедиционных исследований в окрестностях Беломорской биологической станции МГУ в марте 2012 г.
 1–10 – станции комплексных исследований: 1 – озеро Кисло-Сладкое; 2 – соленая лагуна (озеро) на Зеленом мысу; 4 – станция в море за порогом озера на Зеленом мысу; 5 – кут Кислой губы; 6 – Нижнее Ершовское озеро (две станции); 7 – Верхнее Ершовское озеро (две станции); 8 – Ермолинская губа (две станции); 9 – Ругозерская губа; 10 – бухта биостанции.

топом является снежный покров, и ее массовое развитие в нижнем слое льда и в подледной воде отмечается в арктических льдах впервые.

Концентрация нерастворимых частиц в снеге находилась на фоновом для Арктики уровне. Содержание нерастворимых частиц во льдах ОВ и морской акватории достоверно не отличалось, тогда как в подледной воде оно было выше в ОВ.

Учет морских уток в зимовочном скоплении показал, что по сравнению с мартом предыдущего года численность обыкновенных гаг несколько возросла, а количество морянок осталось на прежнем уровне.

Участники экспедиции выражают глубокую признательность директору ББС МГУ профессору А.Б. Цетлину, заведующему А.В. Савченко, водителям снегоходов В.В. Сивонену, В.Т. Колбыко и коллективу биостанции за всемерную поддержку.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты № 12-04-00477-а, № 11-05-98802-а, № 10-05-00651-а; №11-05-00300; № 11-05-00087; №12-04-01621), Министерства образования и науки РФ, контракт № 02.740.11.0875 и Программ фундаментальных исследований Президиума РАН № 9 и № 23, гранта НШ-618.2012.5.