

УДК 551.465

СРАВНЕНИЕ БИООПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БАЛТИЙСКОГО, НОРВЕЖСКОГО И БАРЕНЦЕВА МОРЕЙ – ЛЕТО 2016 г. (65-Й РЕЙС НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО СУДНА “АКАДЕМИК МСТИСЛАВ КЕЛДЫШ”)

© 2017 г. О. В. Копелевич, В. А. Артемьев

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

e-mail: oleg@ocean.ru

Поступила в редакцию 14.11.2016 г.

DOI: 10.7868/S0030157417020101

Балтийское, Норвежское, Баренцево – три моря, которые соседствуют друг с другом, но значительно различаются по природным условиям, океанологическим и биогеохимическим характеристикам, уровням антропогенного воздействия, по-разному реагируют на происходящие климатические изменения. Интересная особенность Балтийского и Баренцева морей – происходящие в летний сезон цветения массовых видов фитопланктона: сине-зеленых водорослей (цианобактерий) в Балтийском море, кокколитофорид – в Баренцевом. Актуальность проблемы исследования этих цветений определяется воздействием, которые они могут оказывать на окружающую среду. Цветения цианобактерий в Балтийском море могут быть токсическими и представлять реальную опасность для морских организмов, от простейших до рыб и, опосредствованно, для птиц и человека.

Массовые цветения кокколитофорид могут воздействовать на климатические факторы, влияя на тепловой баланс из-за изменения альbedo водной среды и объемного поглощения солнечной радиации, а также на баланс углекислого газа в системе атмосфера–океан. Межгодовые изменения цветений, которые наблюдаются в последние годы в различных регионах, могут являться индикатором изменений, происходящих в окружающей среде вследствие антропогенного воздействия и климатических изменений.

В Норвежском море массовых цветений фитопланктона летом не наблюдается.

Проведение сравнительных исследований биооптических характеристик вод поверхностного слоя Балтийского, Норвежского и Баренцева морей стало возможным в связи с необходимостью перехода судов Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН, базирующихся в Калининграде, в порт Архангельск для выполнения

комплексных исследований экосистем Российской Арктики [1]. Такие переходы обычно проводятся без остановок, и исследования выполняются в режиме отбора проб воды на ходу судна и их последующей обработки в судовых или береговых лабораториях, а также посредством дистанционных, в частности, спутниковых измерений. Эти ограничения имелись в виду и при организации перерывного рейса из Балтийского моря в Белое летом 2016 г. – 65-го научного рейса НИС “Академик Мстислав Келдыш”.

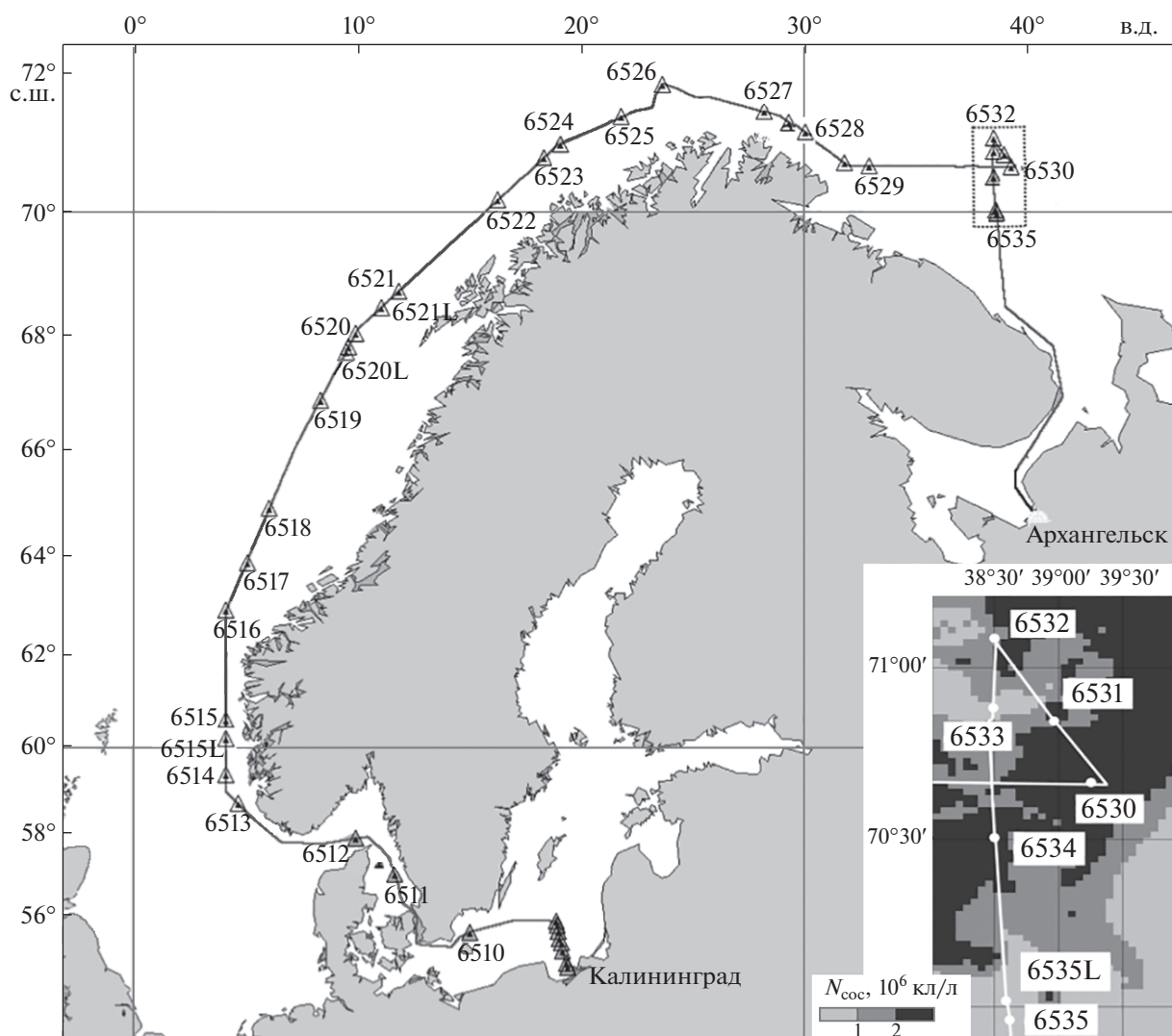
Экспедиция началась 29 июня 2016 г. из порта Калининград и завершилась 9 июля 2016 г. в порту Архангельск. Руководителем экспедиции был заведующий Лабораторией оптики океана ИО РАН д.ф.-м.н. О.В. Копелевич, судном командовал капитан дальнего плавания Ю.Н. Горбач. Научный состав включал 14 человек, все из ИО РАН (Москва, Атлантическое и Южное отделения), включая студентов МФТИ и БФУ им. И. Канта.

Основные цели экспедиционных исследований были следующие:

1. Обработка комплексного подхода к исследованию цветений массовых видов фитопланктона в Балтийском и Баренцевом морях, основанного на сочетании спутниковых и судовых измерений с использованием современных методов и средств.

2. Получение комплекса данных о характеристиках цветений массовых видов морского фитопланктона, в частности, токсических цветений сине-зеленых водорослей в Балтийском море и кокколитофоридных цветений в Баренцевом, в зависимости от океанологических и гидрометеорологических условий.

3. Оценка изменений потока фотосинтетически активной радиации (ФАР), падающей на поверхность моря, в зависимости от широты и гидрометеорологических условий, по данным судовых и спутниковых измерений.



Маршрут 65-го рейса НИС «Академик Мстислав Келдыш». На врезке — распределение клеток кокколитофорид на полигоне в Баренцевом море с дрейфовыми станциями 6533–6535.

Маршрут экспедиции показан на рисунке. Хорошие погодные условия на большей части маршрута позволили сэкономить время и выполнить в районе интенсивных кокколитофоридных цветений в Баренцевом море три дрейфовые станции 6533–6535.

Комплекс оптических приборов включал: универсальный малогабаритный прозрачномер для измерения показателя ослабления морской воды в режиме зондирования или в лабораторном варианте; лазерный спектрометр для измерения спектров флуоресценции морской воды; лабораторный измеритель спектрального поглощения света, разработанный на кафедре биофизики МГУ; палубный спектрорадиометр для измерений спектрального коэффициента яркости моря с борта судна, разработанный в Морском гидрофизическом институте (МГИ), Севастополь.

На борту судна проводились гидрохимические определения, отбирались и консервировались пробы для определения концентрации хлорофилла и взвеси, количественного и видового состава фитопланктона в береговых лабораториях.

Главное открытие проведенного рейса — обнаружение и исследование необычно раннего и интенсивного кокколитофоридного цветения (КЦ) в Баренцевом море. Обычно КЦ происходят в августе, редко в июле и сентябре. В 2016 г. интенсивное КЦ наблюдалось уже в первой декаде июля и продолжалось до конца августа. Площадь КЦ (концентрация клеток больше 1 млн. кл/л) составила в июле 180 тыс. км² (по уровню 0.5 млн. кл/л — 360 тыс. км²) и превысила рекордный 2003 г. — 110 тыс. км² по уровню 1 млн. кл/л, 180 тыс. км² по уровню 0.5 млн. кл/л. Столь раннее, обширное и

интенсивное цветение было явно связано с рекордно высокой температурой поверхности моря (ТПМ). В мае–июле 2016 г., по данным сканера MODIS-Aqua, средние значения ТПМ в средней части Баренцева моря (основная область, где наблюдаются кокколитофоридные цветения (<http://optics.ocean.ru>)) были самыми высокими за все годы наблюдений и значительно превышали средние значения за период 2003–2011 гг. (даны в скобках): май – 3.94°C (2.16°C), июнь – 6.06°C (4.18°C), июль – 10.09°C (6.40°C). Данные измерений коэффициента яркости моря спутниковым и палубным спектрорадиометрами хорошо соответствовали друг другу, но концентрация клеток кокколитофорид, рассчитанная по данным дистанционных измерений с помощью регионального алгоритма, оказалась ниже, чем по данным прямых определений. Причина этого – уменьшенные размеры клеток и кокколитов в 2016 г., в сравнении с теми, которые были при разработке алгоритма. Полученные данные позволили оценить ошибки спутниковых алгоритмов количественных оценок интенсивности КЦ при разных условиях.

По данным спутникового сканера MODIS-Aqua, 6 июля 2016 г. выполнены количественные оценки влияния КЦ на проникновение солнечной радиации в водную толщу, которые показали, что КЦ резко увеличивает альбедо водной толщи A : при отсутствии цветения A меньше 1% и возрастает почти до 8% при концентрации кокколитофорид порядка 2.6 млн. кл/л. Уровень фотосинтетически активной радиации на глубине 5 м

снижается еще резче – от 135 Вт/м² до 79 Вт/м². Выполненная оценка влияния изменений входящей ФАР на ТПМ показала, что в условиях безоблачного неба это влияние заметно проявляется на фоне главного фактора – поступления теплых атлантических вод с Норвежским течением.

В Балтийском море ярко выраженное цветение цианобактерий было зарегистрировано и по судовым, и по спутниковым данным. Флуоресценция хлорофилла в 2016 г. оказалась в несколько раз выше, чем в 2014 г., когда цветения практически не было; то же и для абсолютных значений биомассы сине-зеленых, они доминировали на всех станциях разреза (станции 6501–6509). Коэффициенты детерминации R^2 для связи между биомассой цианобактерий в 2016 г. оказались равны 0.62, тогда как в 2014 г. – лишь 0.27.

Экспедиционные исследования проведены при финансовой поддержке ФАНО (целевые субсидии на проведение экспедиционных исследований по Плану морских экспедиций на научно-исследовательских судах ФАНО России на 2016 г.) и гранта РФ № 14-17-00800, предоставленного через Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН (оплата всех расходов участников экспедиции).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Флинт М.В., Поялков С.Г., Римский-Корсаков Н.А.* Экосистемы Российской Арктики-2015 (63-й рейс научно-исследовательского судна “Академик Мстислав Келдыш”) // *Океанология*. 2016. Т. 56. № 3. С. 499–501.