

ГИДРОБИОЛОГИЯ

УДК 551.465

ЗАВИСИМОСТЬ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
ЛЕТНЕГО ФИТОПЛАНКТОНА ОНЕЖСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ
ОТ ЛОКАЛЬНЫХ ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ УСЛОВИЙТ.А. Белевич^{1,*}, Л.В. Ильяш¹, А.В. Зимин², М.Д. Кравчишина³,
А.Е. Новихин⁴, Е.Д. Добротина⁴¹ Кафедра гидробиологии, биологический факультет, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова;
Россия, 119234, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 12;² Санкт-Петербургский филиал ФГБУН Института океанологии им. П.П. Шишова, РАН;
Россия, 199053, г. Санкт-Петербург, Васильевский остров, 1-я линия, д. 30;³ ФГБУН Институт океанологии им. П.П. Шишова, РАН;
Россия, 117997, Москва, Нахимовский пр-т, д. 36;⁴ ФГБУ Арктический и антарктический научно-исследовательский институт;
Россия, 199397, г. Санкт-Петербург, ул. Беринга, д. 38

* e-mail: 3438083@list.ru

Видовой состав и биомасса фитопланктона, концентрация хлорофилла “a” и биогенных элементов в поверхностном слое, а также сопутствующие гидрофизические условия были исследованы в Онежском заливе Белого моря в июне 2015 г. Температура и соленость поверхностного слоя, степень стратификации водного столба существенно варьировали по акватории залива. Содержание биогенных элементов превышало пороги лимитирования развития фитопланктона, суммарная биомасса фитопланктона составляла $13,46 \pm 9,00$ мг С/м³, концентрация хлорофилла “a” — $0,78 \pm 0,43$ мг/м³; биомасса пикофитопланктона — $0,18 \pm 0,27$ мг С/м³. Наибольшая биомасса отмечена у фронтальных зон. Выявлено три сообщества фитопланктона, достоверно различающихся по структуре.

Ключевые слова: Белое море, Онежский залив, фитопланктон, пикофитопланктон, *Skeletonema costatum sensu lato*.

Для многих морских экосистем, включая шельфовые моря Арктики и субарктические акватории, показана зависимость состава и биомассы фитопланктона (ФП) от структуры и динамики вод. Гидрологическому режиму каждого моря, а в ряде случаев и отдельным гидрографическим районам конкретного водоема присущи свои характерные черты, что обуславливает специфичность основных механизмов формирования пространственной неоднородности ФП [1].

Белое море — небольшой субарктический полузамкнутый водоем, включающий несколько гидрографических районов (рис. 1), различающихся по гидрологическим, гидрохимическим и другим параметрам [2]. Особенности гидрофизических условий в Онежском заливе определяют его мелководность, интенсивное приливное воздействие, существенный речной сток, наличие квазиоднородного и стратифицированного типов вертикального распределения температуры и солености, формирование динамичных фронтальных зон между водами с разной термохалинной структурой. Исследования ФП, проведенные в Онежском заливе в июне 2012 г., показали, что к водам с квазиоднородным и стратифицированным типом вертикального распределения термохалинных характеристик приурочены различающиеся по структуре сообщества

ФП [3]. Динамичность гидрофизических условий в заливе, их изменчивость в зависимости от силы и направления ветра, высоты прилива, объема речного стока [2] дает основание полагать, что описанная картина пространственного распределения ФП [3] не является постоянной и может изменяться.

Цель настоящей работы — исследование влияния локальных гидрофизических условий на пространственное распределение видового состава и биомассы ФП Онежского залива Белого моря в третьей декаде июня 2015 г. В задачи входило исследование структуры фитопланктона поверхностного слоя, оценка концентрации биогенных элементов и гидрофизических параметров, проведение сравнительного анализа полученных результатов с пространственным распределением фитопланктона в июне 2012 г.

Материал и методы

Материалом для работы послужили пробы, отобранные из поверхностного слоя на 20 комплексных станциях в Онежском заливе (рис. 1) с 22 по 27 июня 2015 г. в ходе рейса НИС “Эколог”.

На комплексных и на 48 зондовых гидрологических станциях с помощью гидрологических зондов CastAway и SBE-25 проводили вертикальное обследование — измерение температуры, электро-

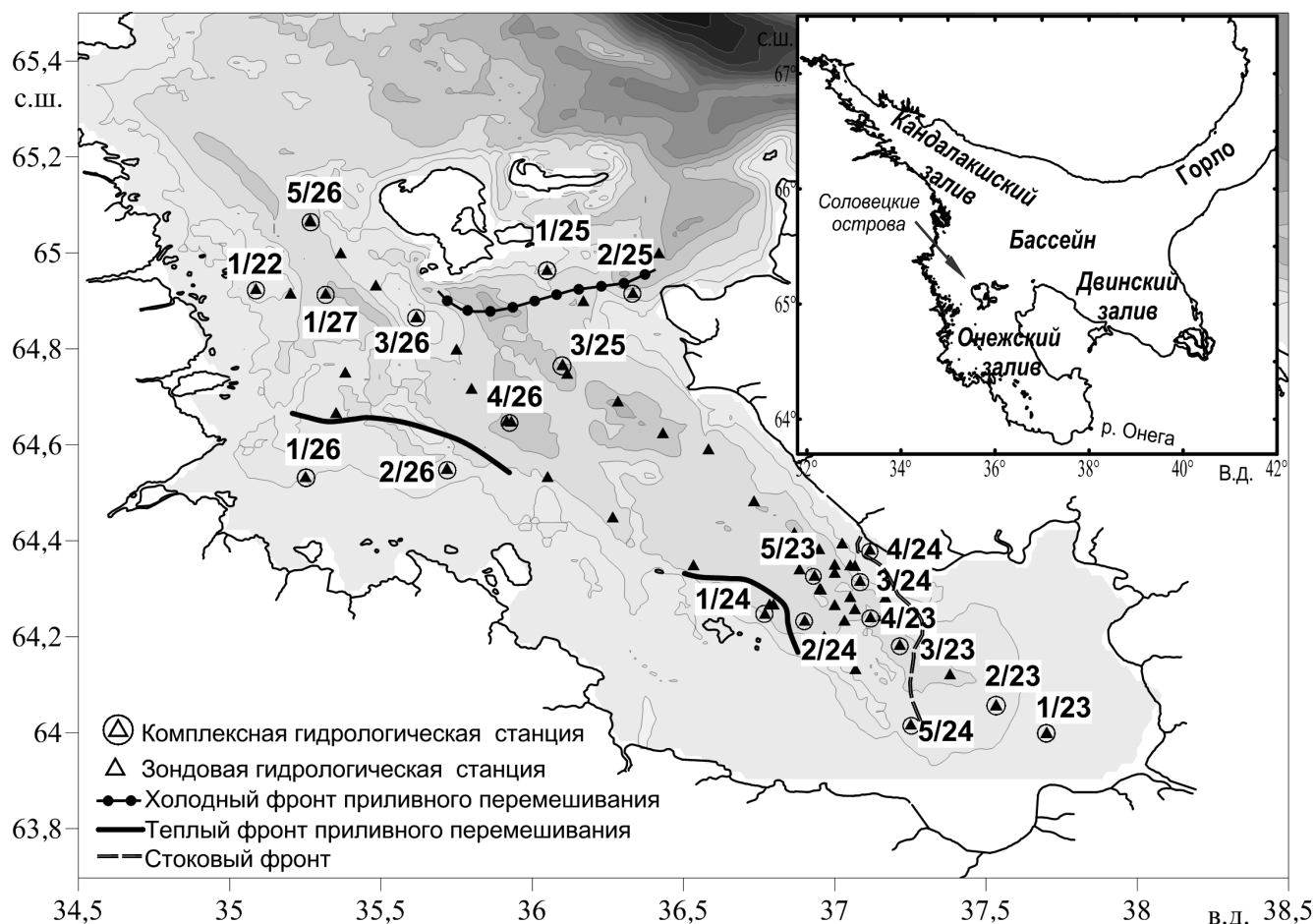


Рис. 1. Гидрографические районы Белого моря и расположение станций с отбором проб фитопланктона. 1 — комплексная станция; 2 — зондовая станция; 3 — холодный фронт приливного перемешивания; 4 — теплый фронт приливного перемешивания; 5 — стокковый фронт.

проводности и давления. По этим характеристикам производился расчет солёности и плотности (δ).

Степень стратификации водного столба оценивали по среднему градиенту плотности между глубинами 20 м и 1 м, ($E = \Delta\delta/\Delta z$) [4]. Для расчетов индекса E на станциях с глубиной <20 м использовали значения плотности воды придонного слоя. Коэффициент поглощения фотосинтетически активной радиации (ФАР) рассчитывали по глубине исчезновения белого диска, границей фотической зоны принимали глубину с 1% ФАР.

Пробы воды для оценки гидрохимических параметров, концентрации хлорофилла “a” и количественных параметров фитопланктона отбирали из поверхностного слоя 5-литровыми батометрами Нискина. Концентрацию растворенных минеральных форм фосфора, кремния, нитратного, нитритного и аммонийного азота определяли согласно методам, описанным ранее [5], концентрацию хлорофилла “a” — флуорометрическим методом [6] с помощью флуорометра Trilogy 1.1.

Всего отобрано и обработано 20 проб пикофитопланктона и 20 проб нано- и микрофитопланктона. Согласно работе [7], при подготовке и количественной обработке проб ФП принимали следующие диапазоны максимального линейного размера водорослей: пикофитопланктон — 0,2–3 мкм, нано-

фитопланктон — 3–20 мкм, микрофитопланктон — 20–200 мкм. Подсчет численности и расчет биомассы проводили отдельно для пико-, нано- и микрофитопланктона [3].

Анализ полученных данных проводили с помощью программ PRIMER6 [9] и PAST v.3. Для вычисления сходства между пробами использовали индекс Брея-Кёртиса. На основании полученных матриц сходства проводили ординацию проб методом многомерного шкалирования (MDS). Ординация выполнялась для данных, трансформированных путем извлечения квадратного корня из величин биомассы популяций водорослей для уменьшения влияния на оценки сходства биомассы доминирующих популяций. Характерные виды, обуславливающие высокое сходство внутри каждой группы проб, выделяли с помощью процедуры SIMPER. Достоверность различий средних значений параметров оценивали по критерию Манна-Уитни. Для оценки зависимости между параметрами рассчитывали коэффициент корреляции Спирмена (R_s).

Результаты

Гидрофизические условия и концентрация биогенных элементов. Температура и солёность поверхностного слоя (таблица), степень устойчивости

Таблица

Глубина на станциях и верхняя граница пикноклина (цифры в скобках), температура (Т, °С) и соленость (S, епс) поверхностного слоя, глубина фотической зоны (ФС, м), биомасса фототрофных водорослей ($B_{\text{фот}}$, мг С/м³), концентрация хлорофилла “а” (хл “а”, мг/м³), биомасса пикофитопланктона (ПФ, мг С/м³) и вклад в суммарную биомассу доминирующих водорослей (цифры в скобках, %) в сообществах фитопланктона I, II и III

Сообщество	№ станции	Глубина, м	Т	S	ФС	$B_{\text{фот}}$	хл “а”	ПФ	Доминирующие водоросли
I	1/26	14(4)	11,2	23,4	9,5	15,15	1,33	0,02	<i>Thalassiosira nordenskioldii</i> (35)
	2/26	19(4)	10,2	25,8	17,5	27,12	1,01	0,01	<i>T. nordenskioldii</i> (24), <i>Coscinodiscus concinnus</i> (23)
	3/26	56(5)	8,6	26,7	17,5	1,02	0,83	0,02	<i>T. nordenskioldii</i> (28)
II	1/22	35*	8,1	25,5	13,5	5,65	0,66	0,09	<i>Skeletonema costatum</i> s. l. (33)
	1/24	32*	8,6	25,9	16,4	6,75	0,41	0,03	<i>S. costatum</i> s. l. (45)
	1/25	9*	3,3	27,6	9	2,75	0,31	0,07	<i>S. costatum</i> s. l. (30)
	2/25	47(9)	6,1	26,8	15	30,94	0,55	0,01	<i>S. costatum</i> s. l. (91)
	4/26	32(6)	7,9	26,5	21,6	4,93	0,45	0,09	<i>S. costatum</i> s. l. (47)
	5/26	47*	8,3	25,9	19	13,51	0,64	0,24	<i>S. costatum</i> s. l. (55)
	1/27	37*	7,9	26	20	8,06	0,38	0,14	<i>S. costatum</i> s. l. (45)
III	1/23	9(3)	11,8	23,1	6,8	20,61	1,96	0,36	<i>Teleaulax</i> sp. (23), <i>Heterocapsa triquetra</i> (19)
	2/23	14(4)	13,4	21,3	6,8	16,81	1,61	0,35	<i>Teleaulax</i> sp. (24), <i>H. triquetra</i> (23)
	3/23	35(9)	11	25,3	15	9,91	0,66	0,27	<i>S. costatum</i> s. l. (23)
	4/23	20(4)	11,1	24,3	8,6	13,09	0,55	0,06	<i>S. costatum</i> s. l. (20)
	5/23	15(4)	11,9	23,9	8,2	9,98	0,87	0,1	<i>S. costatum</i> s. l. (14), <i>H. triquetra</i> (13)
	2/24	35(6)	10,4	25,4	13,5	14,27	0,94	0,12	<i>S. costatum</i> s. l. (19), <i>H. triquetra</i> (11)
	3/24	15(5)	12,2	24,2	9,5	15,89	0,79	0,05	<i>H. triquetra</i> (27), <i>Teleaulax</i> sp. (14)
	4/24	31(3)	14,9	23,1	8,1	6,67	0,48	0,26	<i>H. triquetra</i> (16), <i>Dinophysis norvegica</i> (14)
	5/24	16(4)	15,2	23,8	8,1	6,89	0,37	1,22	<i>Teleaulax</i> sp. (10), <i>Gymnodinium</i> sp. (10)
	3/25	51(4)	8	26,3	16	1,45	0,84	0,01	<i>S. costatum</i> s. l. (23)

* — перемешанные воды.

водного столба (рис. 2) существенно варьировали внутри акватории залива. Воды с квазиоднородным распределением термохалинных характеристик (станции 1/22, 1/24, 5/26, 1/27) и слабо стратифицированные воды с низкой температурой и повышенной соленостью поверхностного слоя отмечались в Соловецких Салмах и в центральной части залива. Такая структура вод обусловлена интенсивным приливным перемешиванием. В юго-восточной и западной частях залива стратификация была выражена слабее. Между водами с разной структурой располагались приливные фронтальные зоны (рис. 1). Наиболее выраженная стратификация вследствие речного стока отмечена в вершине залива в водах, ограниченных стоковой фронтальной зоной. Глубина фотического слоя превышала протяженность перемешиваемого слоя на всех станциях за исключением станций с квазиоднородным распределением термохалинных характеристик.

В поверхностном слое средние значения концентрации растворенных неорганических форм биогенных элементов составляли: азот нитратный — $3,89 \pm 2,33$ мкмоль/л, азот аммонийный — $0,13 \pm 0,03$ мкмоль/л, азот нитритный $0,20 \pm 0,06$ мкмоль/л, азот общий — $4,22 \pm 2,33$ мкмоль/л, фосфор — $1,36 \pm 0,43$ мкмоль/л, кремний — $12,27 \pm 2,24$ мкмоль/л. Концентрация растворенного неорганического фосфора была выше среднеемноголетних значений для летнего периода в Онежском заливе, концентрация кремния и нитратов соответствовала среднеемноголетним значениям [10]. Содержание биогенных элементов превышало пороги лимитирования развития ФП [11, 12, 13].

Состав фитопланктона. Идентифицировано 85 таксонов разного ранга, по числу видов преобладали диатомовые водоросли (40 таксонов) и динофлагелляты (27). Кроме того, отмечены зеленые (7), золотистые (4) и криптофитовые (2) водоросли, а

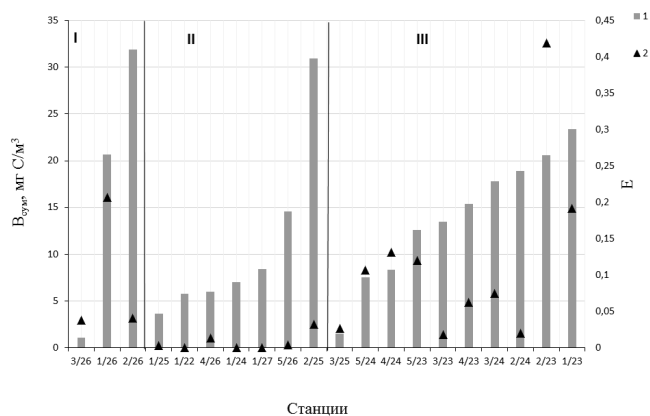


Рис. 2. Суммарная биомасса фитопланктона ($B_{\text{сум}}$, 1) и стабильность водного столба (E , 2) в сообществах фитопланктона I, II и III.

также по несколько таксонов дикихоофициевых и эвгленовых. Помимо этого, некоторые мелкоклеточные формы (3–8 мкм) не удалось идентифицировать даже до самого высокого ранга, они были объединены в группу мелкие неидентифицированные водоросли. Пикофитопланктон был представлен цианобактериями и эукариотическими водорослями, идентификация которых возможна только с помощью молекулярно-генетических методов.

Идентификация ряда массовых видов вызывала затруднение, в частности, видов рода *Skeletonema*. К настоящему времени выявлено существование как минимум восьми морфологически и генетически различающихся видов, включая и более строго определенный вид *S. costatum sensu stricto* (Greville) Cleve emend. Zingone et Sarno [14]. Поскольку нет уверенности в том, что водоросль, традиционно определяемая в ФП Белого моря как *S. costatum*, является *S. costatum sensu stricto*, далее по тексту мы используем название *Skeletonema costatum sensu lato* [14].

Структура фитопланктона. Анализ структуры ФП позволил разделить станции на три группы (рис. 2). В первую группу (I) вошли три станции, две из которых расположены в мелководной западной части залива и третья — перед входом в Западную Соловецкую Салму. Сходство структуры ФП на станциях этой группы составило 41%. Характерными видами были диатомовые водоросли *Thalassiosira nordenskioldii* Cleve и *Skeletonema costatum* s.l. Во вторую группу (II) вошли семь станций, расположенные в Западной и Восточной Соловецких Салмах. Сходство структуры ФП составило 50%, характерные виды — *S. costatum* s.l. и *T. nordenskioldii*. Десять станций, расположенных в южной и юго-восточной частях залива, и ст. 3/25 в центральной части залива сформировали третью группу (III). Сходство структуры ФП достигало 55%, характерные виды — криптофитовая водоросль *Teleaulax* sp. и динофлагеллята *Heterocapsa triquetra* (Ehrenberg) Stein. Различия в структуре ФП между группами I и II (67%) определялось не сменой ха-

рактерных видов (виды были одними и теми же в обеих группах), а изменением их биомассы. Различия в структуре ФП между группами II и III, а также I и III составили 65%.

Оценка методом ANOSIM показала, что представленное выше разделение станций на группы, представляющие сообщества с различающейся структурой, неслучайно и статистически достоверно. В пределах акватории вегетации каждого из сообществ степень стратификации водного столба варьировала от перемешанных до стратифицированных вод.

Биомасса фитопланктона. Биомасса была относительно невысокой и существенно варьировала на разных станциях в пределах одного сообщества (рис. 2, таблица). Средние значения составляли: суммарная биомасса ФП ($B_{\text{сум}}$) — $13,46 \pm 9,00$ мг С/м³, концентрация хлорофилла “a” (хл “a”) — $0,78 \pm 0,43$ мг/м³, биомасса фототрофного ФП ($B_{\text{фот}}$) — $11,57 \pm 8,04$ мг С/м³, биомасса пикофитопланктона — $0,18 \pm 0,27$ мг С/м³. Выявлены достоверные зависимости между степенью стратификации водного столба и хл “a” ($R_s = 0,56$; $p = 0,01$) и $B_{\text{фот}}$ ($R_s = 0,46$; $p = 0,04$). Зависимости между показателями биомассы и концентрацией биогенных элементов не обнаружено.

Средние значения $B_{\text{сум}}$ и $B_{\text{фот}}$ между сообществами не различались. Среднее значение хл “a” в сообществе II было выше таковых в сообществах I ($p = 0,02$) и III ($p = 0,03$). Сообщество III было отнесено к акватории с наименьшим содержанием биогенных элементов.

Обсуждение результатов

В третьей декаде июня 2015 г. в поверхностном слое Онежского залива биомасса ФП была относительно невысокой. Среднее значение хл “a” было меньше средних значений хл “a” ($2,81$ мг/м³) для фотического слоя всего моря в июне 2008 г. [15] и существенно меньше среднего значения хл “a” в третьей декаде июня 2008 г. для поверхностного слоя в Двинском заливе ($6,1 \pm 2,42$ мг/м³). При этом концентрация биогенных элементов превышала пороги лимитирования развития ФП. Мы предполагаем, что относительно невысокая биомасса ФП при отсутствии лимитирования его развития биогенными элементами обусловлена динамичностью гидрофизических условий, в частности, интенсивным приливным перемешиванием и ветровым воздействием. В случаях, когда верхний перемешиваемый слой больше фотической зоны, развитие ФП лимитировано недостатком световой энергии, и увеличение биомассы ФП не происходит [16]. Такое соотношение протяженности перемешиваемого и фотического слоев было характерно для районов интенсивного приливного перемешивания (станции 1/22, 1/24, 5/26, 1/27). К тому же, приливное перемешивание ведет к практически равномерному распределению ФП по всему водному столбу [3]. При выносе в поверхностный слой ФП

из слоев у нижней границы фотической зоны водоросли могут испытывать стресс фотоингибирования [16], поскольку они были акклиматизированы к условиям низкой освещенности. Это также препятствует возрастанию биомассы ФП. Ветровое воздействие снижает вертикальную устойчивость вод, особенно в мелководных прибрежных районах, что ведет к снижению биомассы ФП в поверхностном слое — эффект “разведения” [17].

Наибольшая биомасса ФП отмечена на станциях 2/26 и 2/25, расположенных у приливных фронтальных зон. Наибольшие значения хл “а” выявлены в вершине залива перед стоковой фронтальной зоной (станции 1/23 и 2/23). Повышение биомассы планктона у фронтальных зон, которые являются барьерами, снижающими дисперсию фитопланктона, выявлено во многих водных экосистемах, включая и Белое море [3, 18]. В целом, суммарная биомасса ФП, биомасса фототрофных водорослей и биомасса пикофитопланктона достоверно не отличались от тех же показателей примерно в те же календарные сроки в 2012 г. [3].

В акватории залива выявлено три сообщества ФП, различающихся по структуре. В пределах акватории вегетации каждого из сообществ степень стратификации водного столба различалась от перемешанных до стратифицированных вод. Такая картина существенно отличается от наблюдавшейся в июне 2012 г., когда на акватории залива вегетировало два сообщества, одно из которых относилось к стратифицированным, а другое — к перемешанным водам. Мы полагаем, что отсутствие влияния степени стратификации на структуру ФП в июне 2015 г. может быть обусловлено следующими причинами. Во-первых, незадолго до проведения исследований на территории залива сила ветра составляла 6 м/с с порывами до 8,4–10,8 м/с. Ветровое перемешивание могло снизить устойчивость водного столба, особенно в мелководных районах, и сообщество, исходно относящееся к стратифицированным водам, оказалось в водах с нейтральной стратификацией. Промежуток времени, прошедший после ветрового волнения, оказался недостаточным для того, чтобы структура исходного сообщества изменилась. Во-вторых, исследования пришлось на период снижения высоты прилива в акватории залива. Снижение высоты прилива могло вести к сокращению области, подверженной приливному перемешиванию, сдвигу приливного фронта ближе к центру залива, и адвекции из стратифицированной юго-восточной части поверх-

ностных вод с ФП соответствующей структуры. Известно, что положение приливного фронта может существенно меняться [19].

В 2015 г. на значительной части акватории залива, охватывающей перемешанные и слабо стратифицированные воды, доминировала диатомея *S. costatum* s.l. Доминирование *S. costatum* s.l. в водах Онежского залива выявлено впервые. Также впервые для Белого моря показано доминирование *S. costatum* s.l. в перемешанных водах. Ранее доминирование диатомеи *S. costatum* отмечалось в распресненном прогревом (температура больше 10°C) поверхностном слое стратифицированных вод Двинского и Кандалакшского заливов [20, 21]. Учитывая, что разные виды рода *Skeletonema* имеют разные экологические потребности [14], мы полагаем, что в Белом море вегетирует как минимум два вида *Skeletonema*. Развитие одного происходит в перемешиваемых водах с низкой температурой и высокой соленостью, другого — в поверхностном распресненном и прогревом слое стратифицированных вод.

Таким образом, в третьей декаде июня 2015 г. в Онежском заливе выявлено относительно невысокая биомасса ФП поверхностного слоя при концентрации биогенных элементов, превышающих пороги лимитирования развития планктонных водорослей, что может быть обусловлено динамичностью гидрофизических условий, в частности, интенсивным приливным перемешиванием и ветровым воздействием. Наибольшая биомасса ФП отмечена у фронтальных зон.

На акватории залива выявлено три сообщества ФП, достоверно различающихся по структуре. В пределах акватории вегетации каждого из сообществ степень стратификации водного столба различалась от перемешанных до хорошо стратифицированных вод.

Впервые для Белого моря род *Skeletonema* обнаружен в акватории, подверженной интенсивному приливному перемешиванию с низкой температурой и высокой соленостью.

Экспедиционные работы и оценка концентрации биогенных элементов осуществлены при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 14-17-00800; Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН); анализ проб фитопланктона осуществлен при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 16-05-00502; биологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ferland J., Gosselin M., Starr M. Environmental control of summer primary production in the Hudson Bay system: The role of stratification // J. Marine Systems. 2011. Vol. 88. N 3. P. 385–400.
2. Филатов Н.Н., Толстиков А.В., Здорвеннов Р.Э. Закономерности изменчивости гидрофизических процессов по данным натурных изменений // Белое море и его водосбор под влиянием климатических и антропо-

генных факторов / Под ред. Н.Н. Филатова, А.Ю. Тержевика. Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 2007. С. 118–185.

3. Ilyash L.V., Belevich T.A., Stupnikova A.N., Drits A.V., Flint M.V. Effects of local hydrophysical conditions on the spatial variability of phytoplankton in the White Sea // Oceanology (Mosc.). 2015. Vol. 55. N 2. P. 216–225.
4. Мамаев О.И. Термохалинный анализ вод Мирового океана. Л.: Гидрометеиздат, 1987. 296 с.

5. Руководство по химическому анализу морских и пресных вод при экологическом мониторинге рыбохозяйственных водоемов и перспективных для промысла районов Мирового океана. М.: Изд-во ВНИРО, 2003. 202 с.
6. Arar E.J., Collins G.B. Method 445.0. in vitro determination of chlorophyll "a" and pheophytin "a" in marine and freshwater algae by fluorescence. Revision 1.2. Cincinnati: U.S. Environmental Protection Agency. 1997. 22 p.
7. Moon-van der Staay S.Y., De Wachter R., Vaulot D. Oceanic 18S rDNA sequences from picoplankton reveal unsuspected eukaryotic diversity // *Nature*. 2001. Vol. 409. N 6820. P. 607–610.
8. Sherr E.B., Sherr B.F., Fessenden L. Heterotrophic protists in the Central Arctic Ocean // *Deep-Sea Res.* II. 1997. Vol. 44. N 8. P. 1665–1682.
9. Clarke K.R., Gorley R.N. PRIMER v6: User Manual/Tutorial. PRIMER-E, Plymouth. 2006. 192 p.
10. Максимова М.П. Гидрохимия Белого моря // Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. II. Белое море. Вып. 2 / Под ред. Б.М. Затучной и Д.Е. Гершановича. Л.: Гидрометеоиздат, 1991. С. 8–152.
11. Shiimoto, A., Sasaki, K., Shimoda, T., Matsumura, S. Kinetics of nitrate and ammonium uptake by natural population of marine phytoplankton in the surface water of the Oyashio region during spring and summer // *J. Oceanogr.* 1994. Vol. 50. N 5. P. 515–529.
12. Martin-Jézéquel V., Hildebrand M., Brzezinski M.A. Silicon metabolism in diatoms: implications for growth // *J. Phycol.* 2000. Vol. 36. N 5. P. 821–840.
13. Lomas M.W., Bonachela J.A., Levin S.A., Martiny A.C. Impact of ocean phytoplankton diversity on phosphate uptake // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 2014. Vol. 111. N 49. P. 17540–17545.
14. Sarno D., Kooistra W.C.H.F., Medlin L.K., Percopo I., Zingone A. Diversity in the genus *Skeletonema* (Bacillariophyceae). II. An assessment of the taxonomy *S. costatum*-like species, with the description of four new species // *J. Phycol.* 2005. Vol. 41. N 1. P. 151–176.
15. Kravchishina M.D., Burenkov V.I., Kopelevich O.V., Sheberstov S.V., Vazyulya S.V., Lisitzin A.P. New data on the spatial and temporal variability of the chlorophyll a concentration in the White Sea // *Dokl. Earth Sciences*. 2013. Vol. 448. N 1. C. 120–125.
16. Falkowski P.G., Raven J.A. Aquatic photosynthesis. Princeton University Press, 2007. 484 p.
17. Wiltshire K.H., Boersma M., Carstens K., Kraberg A.C., Peters S., Scharfe M. Control of phytoplankton in a shelf sea: Determination of the main drivers based on the Helgoland Roads Time Series // *J. Sea Res.* 2015. Vol. 105. P. 42–52.
18. Sabatini M., Akselmann R., Reta R., Negri R.M., Luitz V.A., Silva R.I., Segura V., Gil M.N., Santinelli N.H., Sastre V.A., Daponte M.C., Antacli J.C. Spring plankton communities in the southern Patagonian shelf: Hydrography, mesozooplankton patterns and trophic relationships // *J. Marine Syst.* 2012. Vol. 94. P. 33–51.
19. Романенков Д.А., Зимин А.В., Родионов А.А., Атаджанова О.А., Козлов И.Е. Изменчивость фронтальных разделов и особенности мезомасштабной динамики вод Белого моря // *Фундаментальная и прикладная гидрофизика*. 2016. Т. 9. № 1. С. 17–23.
20. Ильаш Л.В., Житина Л.С., Федоров В.Д. Фитопланктон Белого моря. М.: Янус-К, 2003. 168 с.
21. Ilyash L.V., Radchenko I.G., Shevchenko V.P., Zdorovenkov R.E., Pantyulin A.N. Contrasting summer phytoplankton communities in stratified and mixed waters of the White Sea // *Oceanology*. 2014. Vol. 54. N 6. P. 730–738.

Поступила в редакцию 24.03.2016 г.

Принята в печать 11.05.2016 г.

HYDROBIOLOGY

PECULIARITY OF SUMMER PHYTOPLANKTON SPATIAL DISTRIBUTION IN THE ONEGA BAY OF THE WHITE SEA UNDER THE LOCAL HYDROPHYSICAL CONDITIONS

T.A. Belevich^{1,*}, L.V. Ilyash¹, A.V. Zimin², M.D. Kravchishina³, A.E. Novikhin⁴, E.D. Dobrotina⁴

¹ Department of Hydrobiology, School of Biology, Lomonosov Moscow State University, Leninskiyegory 1–12, Moscow, 119234, Russia;

² St. Petersburg Branch, P.P. Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, 1 Liniya, Vasilievskiy Ostrov 30, St. Petersburg, 199053, Russia;

³ P.P. Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Nakhimovskii prosp. 36, Moscow, 117997, Russia;

⁴ Arctic and Antarctic Research Institute, Bering ul. 38, St. Petersburg, 199397, Russia;

* e-mail: 3438083@list.ru

The species composition and phytoplankton biomass, concentrations of chlorophyll "a" (Chl) and nutrients in the surface water layer, and concurrent hydrophysical conditions were studied in the Onega Bay of the White Sea during June, 2015. The temperature and salinity of surface water layer and the water column stability varied significantly in the bay. The nutrients concentrations exceeded the threshold limiting of phytoplankton development. The phytoplankton abundance was relatively low, mean values were: total phytoplankton biomass — $13,46 \pm 9,00$ mg C/m³, concentration of chlorophyll "a" — $0,78 \pm 0,43$ mg/m³, picophytoplankton biomass — $0,18 \pm 0,27$ mg C/m³. The highest phytoplankton biomass was found near frontal zones. Structural analysis has revealed three phytoplankton communities that significantly have differed in structure.

Key words: *the White Sea, the Onega Bay, phytoplankton, picophytoplankton, Skeletonema costatum sensu lato.*

Сведения об авторах:

Белевич Татьяна Алексеевна — канд. биол. наук, вед. науч. сотр. кафедры гидробиологии биологического факультета МГУ. Тел: 8-495-939-27-91; e-mail: 3438083@list.ru

Ильяш Людмила Васильевна — докт. биол. наук, проф. кафедры гидробиологии биологического факультета МГУ. Тел: 8-495-939-2791; e-mail: ilyashl@mail.ru

Зимин Алексей Вадимович — канд. физ-мат. наук, и.о. зав. лабораторией Санкт-Петербургского филиала Института океанологии РАН. Тел: 8-812-328-5759, e-mail: zimin2@mail.ru

Кравчишина Марина Даниловна — канд. геол-минер. наук, ст. науч. сотр. Института океанологии РАН. Тел: 8-499-124-7737, e-mail: kravchishina@ocean.ru

Новихин Андрей Евгеньевич — и.о. зав. лабораторией Арктического и антарктического научно-исследовательского института. Тел: 8-812-337-3164; e-mail: andrey.novikhin@gmail.com

Добротина Елена Дмитриевна — канд. хим. наук, науч. сотр. Арктического и антарктического научно-исследовательского института. Тел: 8-812-337-3196; e-mail: edobrotina@otto.nw.ru