

## ГИДРОБИОЛОГИЯ

УДК 574.583

ПЕРВАЯ РЕГИСТРАЦИЯ ЦВЕТЕНИЯ *THALASSIOSIRA ANGULATA* (BACILLARIOPHYCEAE) В БЕЛОМ МОРЕ: ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И СОПУТСТВУЮЩИЕ ВИДЫИ.Г. Радченко<sup>1,\*</sup>, В.П. Шевченко<sup>2</sup>, М.Д. Кравчишина<sup>2</sup>, В.В. Ильинский<sup>1</sup>, А.П. Георгиев<sup>3</sup>,  
А.В. Толстик<sup>3</sup>, А.Л. Чульцова<sup>4</sup>, Л.В. Ильяш<sup>1</sup><sup>1</sup>Кафедра гидробиологии, биологический факультет, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Россия, 119234, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 12;<sup>2</sup>Институт океанологии имени П.П. Ширшова РАН, Россия, 117997, г. Москва, Нахимовский пр-т, д. 36;<sup>3</sup>Институт водных проблем Севера — обособленное подразделение Федерального исследовательского центра “Карельский научный центр РАН”, Россия, Республика Карелия, 185030, г. Петрозаводск, пр. Александра Невского, д. 50;<sup>4</sup>Северо-Западное отделение Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Россия, 163061, г. Архангельск, наб. Сев. Двины, д. 112

\*e-mail: iraradchenko@yandex.ru

Видовой состав и биомасса фитопланктона ( $V_{\text{сум}}$ ), концентрация хлорофилла “а” и биогенных элементов, а также гидрофизические условия были оценены с 5 по 12 июля 2011 г. на 29 станциях в Белом море. За исключением показателей для двух станций в поверхностном слое водной толщи, величины хлорофилла “а” и  $V_{\text{сум}}$  соответствовали уровню цветения фитопланктона ( $>1 \text{ мг/м}^3$  и  $>30 \text{ мг С/м}^3$  соответственно). Впервые на обширной акватории Белого моря отмечено доминирование по биомассе диатомовой водоросли *Thalassiosira angulata*, численность и биомасса которой в поверхностном слое достигали 24 тыс. кл/л и  $34,56 \text{ мг С/м}^3$  соответственно. На одной из прибрежных станций на глубине 3 м отмечены еще более высокие значения (179 тыс. кл/л и  $258 \text{ мг С/м}^3$ ). Основными факторами, обуславливающими пространственную изменчивость биомассы *T. angulata* являлись устойчивость водного столба (положительная связь) и соленость (отрицательная связь).

**Ключевые слова:** Белое море, цветение фитопланктона, структура фитопланктона, *Thalassiosira angulata*, биогенные элементы, гидрофизические условия

Белое море — субарктический полузамкнутый водоем, связанный с Баренцевым морем и по абиотическим условиям сочетающий черты как арктических, так и умеренных морей [1]. Особенностью термохалинной структуры вод моря является наличие квазиоднородного — в результате интенсивного приливного перемешивания (Горло, Онежский залив) — и стратифицированного (Бассейн, Двинский и Кандалакшский заливы) типов вертикального распределения температуры и солености. Динамика вод имеет сложный характер и изменяется по сезону [2].

Фитопланктон Белого моря достигает летнего пика развития (летнего цветения) в конце июня — начале июля [3, 4]. Период формирования летнего пика и состав доминирующих в это время водорослей варьируют по акватории моря, отмечается также межгодовая изменчивость [5]. Как правило, во время летнего цветения по биомассе доминируют диатомовые водоросли, однако отмечены и локальные цветения динофлагеллят [4, 6]. В список доминирующих диатомей входят представители рода *Thalassiosira*, такие как *T. nordenskioldii*, *T. angustilineata* и *T. hyalina*. Случаи цветения *T. angulata* в Белом море ранее не отмечались.

Сочетание абиотических и биотических факторов, определяющих доминирование определенного вида водорослей, даже для хорошо изученных морских экосистем, охарактеризовано не полно, а в случае цветения вида, ранее не достигавшего наибольшей биомассы в сообществе, вообще неизвестно. При наблюдаемом потеплении Арктики и субарктических районов [7] прогнозируется изменение состава доминирующих видов фитопланктона [8]. В связи с этим выявление факторов, благоприятствующих преимущественному развитию нетипичных доминантов, важно для понимания возможных тенденций изменения структуры фитопланктона полярных районов.

Цель настоящей работы состояла в оценке пространственного распределения диатомовой водоросли *Thalassiosira angulata* при ее доминировании на значительной части акватории Белого моря в первой декаде июля 2011 г., а также в анализе неоднородности пространственного распределения биомассы этой водоросли в связи с гидрологическими и гидрохимическими условиями, биомассой и структурой фитопланктона.

## Материалы и методы

Материалом для работы послужили пробы воды (объем 0,93–1,5 л), отобранные в акватории Белого моря на 29 станциях (рис. 1) с 5 по 12 июля 2011 г. в ходе рейса научно-исследовательского судна “Эколог”. На станциях 3 и 7 пробы отбирали дважды с 4-дневным интервалом, соответственно номера этих станций включают временную последовательность отбора проб: 3(1), 3(2), 7(1) и 7(2). На всех станциях мультипараметрическим зондом STD90M (Sea & Sun Technology, Германия) проводили вертикальное зондирование для измерения температуры (T), солености (S) и условной плотности ( $\sigma$ ) воды. Степень стабильности водного столба оценивали по градиенту условной плотности между глубинами (z) 20 м и 1 м ( $\Delta\sigma/\Delta z$ ), на станциях с глубиной <20 м использовали значения условной плотности воды придонного слоя. Глубину верхнего перемешиваемого слоя ( $Z_{\text{mix}}$ ) определяли как глубину, на которой вертикальный градиент условной плотности превышал  $0,03 \text{ кг/м}^3$  [9]. Границей фотической зоны ( $Z_{\text{eu}}$ ) принимали глубину с 1% фотосинтетически активной радиации. Коэффициент поглощения  $K_d$  рассчитывали по глубине исчезновения белого диска.

Воду отбирали из поверхностного горизонта, а на станциях 3(1), 7(1), 13, 15, 19, 30 и 32 – с нескольких горизонтов 10-литровыми батометрами Нискина. Определение растворенных нитритного азота ( $\text{NO}_2^-$ ), кремния (Si) и неорганического фос-

фора ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) проводили по ранее разработанным методам [10]. Определение концентрации хлорофилла “a” (хл “a”) проводили флуориметрическим методом [11] с помощью флуориметра Trilogy 1.1 (Turner Designs, США). Калибровка прибора выполнена при помощи стандарта – порошка хл “a” (C6144–1MG “Sigma”, Австрия).

Для исследования фитопланктона пробы воды объемом 1 л концентрировали методом обратной фильтрации (диаметр пор 2 мкм) и фиксировали раствором Люголя. Концентрированные пробы просчитывали под микроскопом МИКМЕД-1 (ЛОМО, Россия) при увеличении  $\times 300$  и  $\times 600$  в камере Нажотта (объем 0,05 мл). Просчитывали по 3–7 камер для каждой пробы. Для расчета биомассы объема клеток определяли методом геометрического подобия [12] с последующим переводом в единицы углерода по аллометрическим зависимостям [13].

Просчитанные пробы еще раз концентрировали для анализа в сканирующем электронном микроскопе (CAM-Scan, Великобритания) в Межфакультетской лаборатории электронной микроскопии МГУ. Препараты готовили согласно описанной ранее методике [14].

Для выявления взаимосвязи между оцениваемыми параметрами использовали канонический анализ соответствий (ССА, canonical correspondence analysis) с применением программного пакета анализа данных PAST [15]. Для анализа сходства сообществ фитопланктона использовали пакет ана-

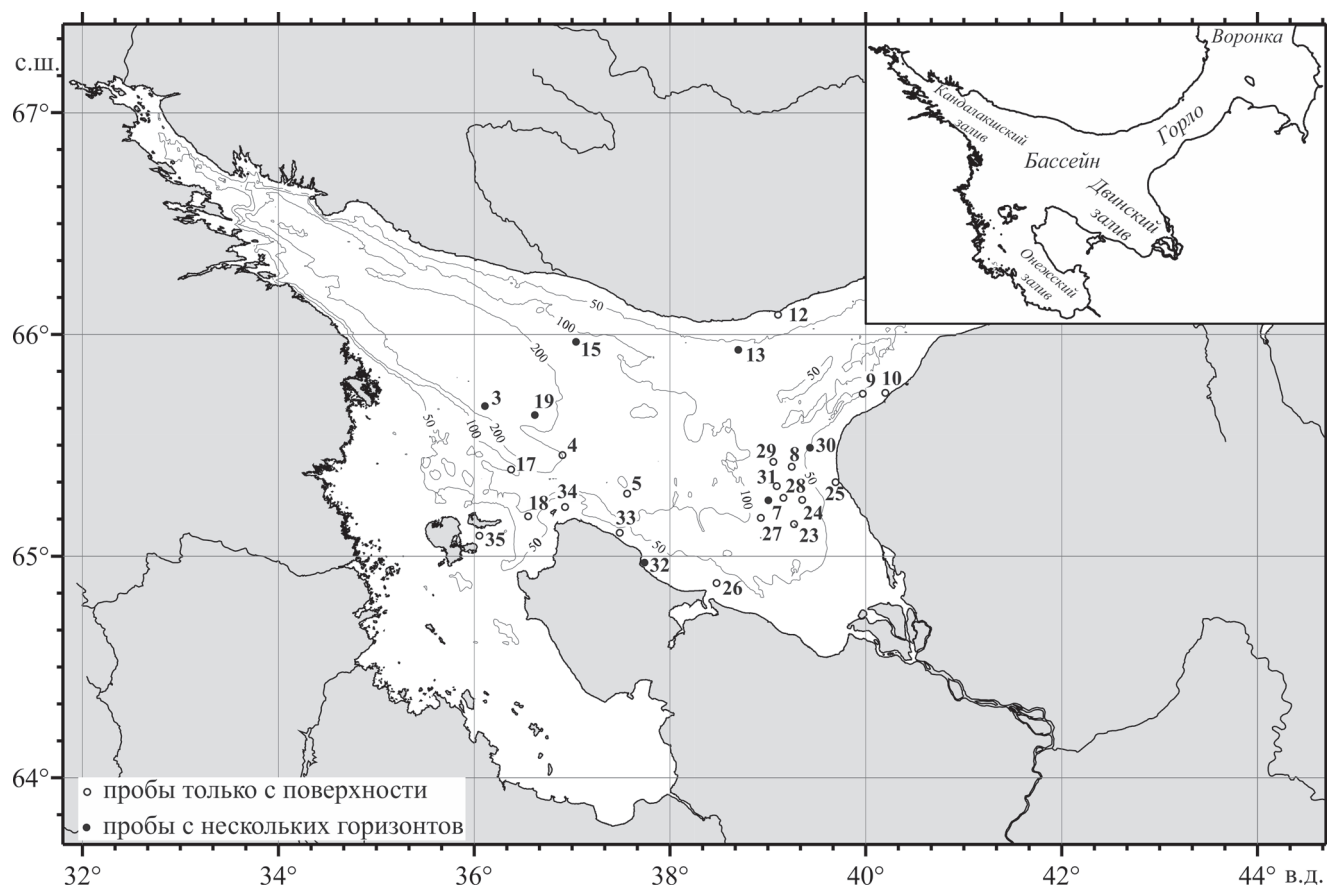


Рис. 1. Станции отбора проб фитопланктона, научно-исследовательское судно “Эколог”, Белое море, июль 2011 г.

лиза экологических данных PRIMER6 [16]. В качестве характеристики структуры фитопланктона рассматривали значения биомассы популяций водорослей ( $\text{мг С/м}^3$ ), трансформированные путем извлечения из них квадратного корня. Сходство оценивали с помощью индекса Брея–Кёртиса, чувствительного к изменению обилия как доминирующих, так и редких видов. На основании полученных матриц сходства проводили ординацию сообществ методом многомерного шкалирования (MDS, multidimensional scaling). Достоверность различий групп станций по структуре сообществ фитопланктона оценивали методом ANOSIM (analysis of similarities). Характерные виды, наличие и обилие которых обуславливало высокое сходство проб внутри каждой группы проб, выделяли с помощью процедуры SIMPER (similarity percentages) [16].

### Результаты

**Гидрологические условия и концентрация биогенных элементов.** На большей части исследованной акватории воды были стратифицированы. Наибольшая степень устойчивости водного столба отмечена в водах Двинского залива с более прогретым ( $16,0\text{--}17,4^\circ\text{C}$ ) и распресненным ( $22\text{--}26\text{‰}$ ) поверхностным слоем. Воды с квазиоднородным распределением термохалинных характеристик и слабо стратифицированные воды (станции 9, 10, 12, 18, 34, 35) характеризовались низкой температурой ( $3\text{--}10^\circ\text{C}$ ) и повышенной соленостью ( $26,7\text{--}27,6\text{‰}$ ) поверхностного слоя.  $Z_{\text{eu}}$  была глубже перемешиваемого слоя.

В поверхностном слое концентрации  $\text{NO}_2^-$  ( $0,01\text{--}0,16\text{ мкг-ат/л}$ ),  $\text{PO}_4^{3-}$  ( $0,00\text{--}0,32\text{ мкг-ат/л}$ ) и Si ( $0,05\text{--}22,32\text{ мкг-ат/л}$ ) не превышали пределы колебаний содержания биогенных элементов в поверхностном слое Белого моря в летний период [17].

### Биомасса фитопланктона и доминирующие виды.

В поверхностном слое всей акватории (кроме станций 9 и 26) концентрация хл “а” превышала  $1\text{ мг/м}^3$ , что соответствует уровню цветения фитопланктона [18]. Биомасса фитопланктона ( $V_{\text{сум}}$ ) превышала  $30\text{ мг С/м}^3$  на всех станциях, кроме станций 9 и 26. Наибольшее значение  $V_{\text{сум}}$  ( $172\text{ мг С/м}^3$ ) отмечено на станции 17. Канонический анализ соответствий показал, что факторами, обуславливающими изменчивость  $V_{\text{сум}}$ , являлись стабильность водного столба и концентрация Si. На большей части акватории по биомассе преобладали диатомовые водоросли: *Thalassiosira angulata* (12 станций), *T. anguste-lineata* (4 станции), *Coscinodiscus concinnus* (3 станции), *Odontella aurita* (2 станции), *Chaetoceros radicans* (2 станции). На пяти станциях доминировали динофлагелляты: *Heterocapsa triquetra* (3 станции), *Scrippsiella acuminata* (1 станция) и *Dinophysis acuminata* (1 станция). На одной станции – эвгленовая водоросль *Eutreptia* sp. Доминирование водоросли *T. angulata* на обширной акватории Белого моря отмечено впервые.

**Морфологические признаки *Thalassiosira angulata* (W. Gregory) Hasle 1978.** Диаметр клеток  $17\text{--}37\text{ мкм}$ , створки плоские, загиб створки слабо закруглен. Ареолы на створке в прямых или искривленных тангенциальных рядах (рис. 2). Количество ареол

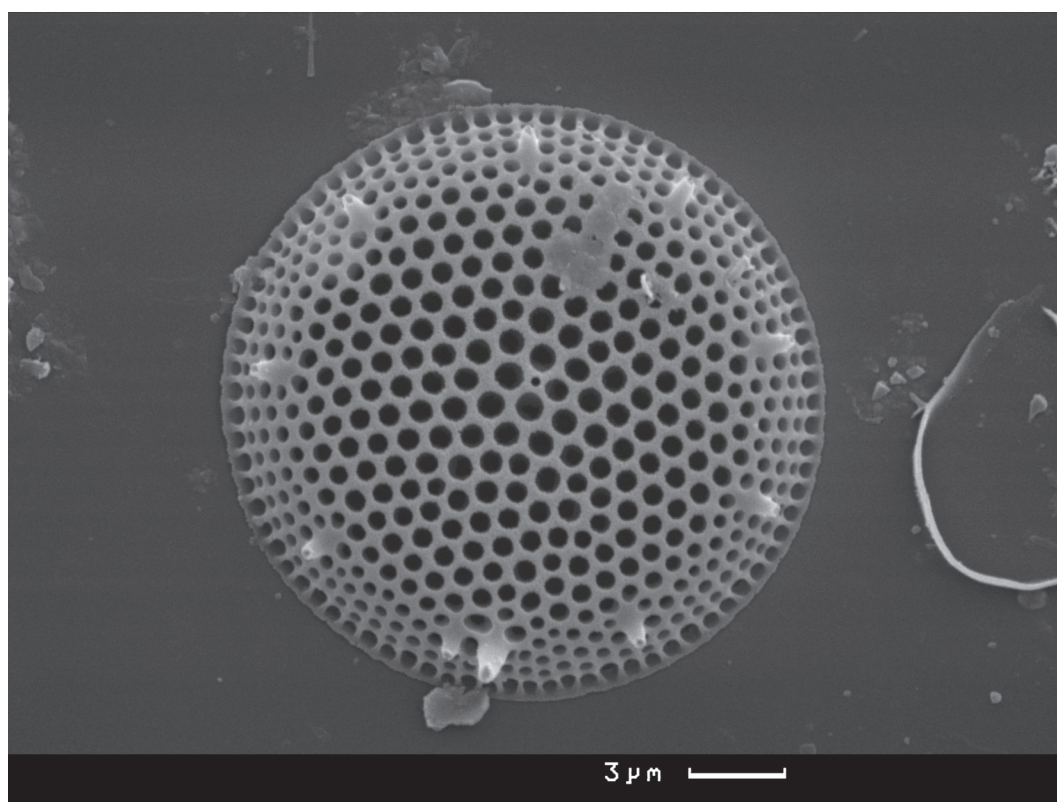


Рис. 2. Фотография наружной поверхности створки *Thalassiosira angulata* в сканирующем электронном микроскопе (CAM-Scan, Великобритания)

на створке — 11 в 10 мкм, на загибе створки — 17 в 10 мкм. Центральная ареола отсутствует или неявно выражена. Имеются один центральный вырост с опорами и одно кольцо краевых выростов с опорами. Кольцо краевых выростов отделяет от края вальвы 2–3 ряда ареол. Краевые выросты — с длинными внешними трубками, широко расставлены. Двугубый вырост — крупный, с длинной внешней трубкой, расположен в кольце краевых выростов с опорами вблизи одного из них. Все перечисленные признаки соответствуют описанию *T. angulata* (W.Gregory) Hasle [19].

Зависимость пространственного распределения *T. angulata* от факторов окружающей среды. Диатомея *T. angulata* вегетировала в поверхностном слое на всей исследованной акватории за исключением станции 35. Ее численность изменялась от 0,06 до 24 тыс. кл/л, биомасса варьировала в пределах 0,08–34,56 мг С/м<sup>3</sup>. При повторных съемках зафиксированы возрастание (станция 3) или убывание (станция 7) биомассы *T. angulata*. На станциях, где *T. angulata* преобладала по биомассе, ее вклад в  $V_{\text{сум}}$  варьировал от 11% до 47%. Наименьшие значения биомассы *T. angulata* (< 2 мкг С/м<sup>3</sup>) отмечены в слабо стратифицированных и перемешанных водах (станции 9, 10, 12, 18 и 34) с низкой температурой и повышенной соленостью поверхностного слоя. Канонический анализ соответствий также показал, что варьирование биомассы *T. angulata* определялось устойчивостью водного столба (положительная связь) и соленостью (отрицательная связь).

В вертикальном распределении *T. angulata* наибольшая биомасса отмечалась либо в поверхностном слое (станции 13 и 15), либо на глубинах 3 м (станция 32) — 5 м (станции 7, 19, 30). Наибольшие значения численности и биомассы (179 тыс. кл/л и 258 мг С/м<sup>3</sup>) зарегистрированы на горизонте 3 м прибрежной станции 32.

Именно *T. angulata* выступала характерным видом, обуславливающим высокое сходство фитопланктона (51%) в группе из 20 станций (группа I, рис. 3). В остальных двух группах биомасса *T. angulata* была меньше, и характерными видами были

*S. acuminata*, *C. concinnus* (группа II) и *T. anguste-lineata* и *O. aurita* (группа III).

**Связь изменчивости биомассы других доминирующих видов с факторами среды.** Канонический анализ соответствий показал, что распределение биомассы доминирующих видов объяснялось взаимодействием учтенных факторов на 76%, в первую очередь содержанием  $\text{NO}_2^-$  и  $\text{PO}_4^{3-}$  и  $Z_{\text{mix}}$ , и в меньшей степени — S, T,  $\Delta\sigma$ ,  $Z_{\text{eu}}$  и концентрацией Si. Так, изменчивость биомассы *O. aurita* определяли  $Z_{\text{mix}}$  и концентрации  $\text{NO}_2^-$  и  $\text{PO}_4^{3-}$ . Изменчивость биомассы *C. concinnus* была отрицательно связана с концентрацией Si и положительно — с  $Z_{\text{eu}}$ , а изменчивость биомассы *C. radicans* — отрицательно с S и положительно с  $\Delta\sigma$ . Изменчивость биомасс динофлагеллят *S. acuminata* и *D. acuminata* слабо коррелировала с  $Z_{\text{eu}}$ , тогда как для *H. triquetra* — положительно коррелировала с T и отрицательно — с  $Z_{\text{mix}}$ . Распределение биомасс *T. anguste-lineata* и *Eutrepia* sp. слабо зависело от Si.

### Обсуждение

В первой декаде июля 2011 г. на значительной акватории Бассейна и Двинского залива Белого моря фитопланктон находился на стадии летнего цветения, о чем свидетельствуют величины концентраций хл “a” 1,0–3,3 мг/м<sup>3</sup> в поверхностных водах. При этом на большей части акватории по биомассе преобладала диатомовая водоросль *T. angulata*, ранее в Белом море в состав доминирующих видов не входившая. Преобладание *T. angulata* отмечено при выраженной стратификации водного столба с температурой и соленостью поверхностного слоя 10–16°C и 24,4–26,8‰ соответственно. На одних участках акватории моря цветение *T. angulata* продолжалось, тогда как на других шло на убыль.

*T. angulata* — широко распространенный вид в полярных и умеренных водах [19, 20]. В Белом море эта диатомея отмечалась в планктоне с весны до зимы [21, 22] и во льду как *T. cf. angulata* [23]. Круглогодичная вегетация *T. angulata* свидетельствует о широком диапазоне толерантности этой водоросли к таким факторам как температура и соленость воды, концентрация минеральных форм биогенных элементов в верхнем перемешанном слое и условия освещенности.

Нетипичное массовое развитие *T. angulata* в Белом море может быть связано с изменением климата. Так, повышение температуры воздуха над акваторией моря и его бассейном [24] ведет к повышению температуры поверхностного слоя вод, увеличению количества осадков и объема речного стока. Это, в свою очередь, обуславливает выраженную стратификацию водного столба, повышенную температуру и пониженную соленость в поверхностном слое, что способствует формированию условий, благоприятствующих развитию *T. angulata*. Поэтому, с учетом климатической тен-

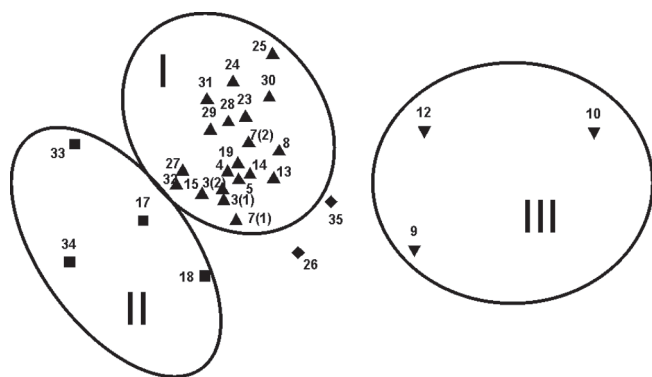


Рис. 3. Ординация станций по сходству фитопланктона (цифры — номера станций). Сплошной линией показаны группы станций, различающиеся по структуре фитопланктона (I, II и III)

денции, можно ожидать регулярного летнего цветения этой диатомеи в Белом море.

Авторы благодарят экипаж НИС “Эколог” и сотрудников ИО РАН А.А. Ключиткина, А.И. Мамочкину, А.Н. Новигатского, Н.В. Политову и А.С. Филиппова за помощь, оказанную в ходе экспедиции.

Работа по анализу проб в сканирующем электронном микроскопе выполнена на оборудовании

ЦКП Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ. Исследование структуры фитопланктона проведено в рамках Государственного задания МГУ имени М.В. Ломоносова (тема № АААА-А16-116021660052-0). Интерпретация данных по хлорофиллу и биогенным элементам выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 14-27-00114-П).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Berger V., Dahle S., Galaktionov K., Kosobokova X., Naumov A., Rat'kova T., Savinov V., Savinova T. White sea. Ecology and environment. St. Petersburg–Tromsø: Derzavets Publisher, 2001. 157 p.
- Pantyulin A.N. Hydrological system of the White sea // Oceanology. 2003. Vol. 43. N Suppl.1. P. S1–S14.
- Ilyash L.V., Belevich T.A., Zhitina L.S., Radchenko I.G., Ratkova T.N. Phytoplankton of the White sea // The handbook of environmental chemistry / Eds. D. Barceló and A.G. Kostianoy. Berlin, Heidelberg: Springer, 2018. DOI: 10.1007/698\_2018\_320
- 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.
- Ilyash L.V., Zhitina L.S., Belevich T.A., Shevchenko V.P., Kravchishina M.D., Pantyulin A.N., Tolstikov A.V., Chultsova A.L. Spatial distribution of the phytoplankton in the White sea during atypical domination of dinoflagellates (July 2009) // Oceanology. 2016. Vol. 56. N 3. P. 372–381.
- 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. 2015. Vol. 55. N 2. P. 216–225.
- IPCC, Intergovernmental Panel on climate change. Climate change 2007: the physical science basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change / Eds. S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor, and H.L. Miller. N.Y.: Cambridge Univ. Press, 2007. 996 p.
- Lovejoy C., Vincent W.F., Bonilla S., Roy S., Martineau M.J., Terrado R., Potvin M., Massana R., Pedros-Alio C. Distribution, phylogeny, and growth of cold-adapted picoprasinophytes in arctic seas // J. Phycol. 2007. Vol. 43. N 1. P. 78–89.
- de Boyer Montégut C., Madec G., Fischer A.S., Lazar A., Iudicone D. Mixed layer depth over the global ocean: an examination of profile data and a profile-based climatology // J. Geophys. Res. 2004. Vol. 109. N C12. DOI: 10.1029/2004JC002378
- Grasshoff K., Ehrhardt M., Kremling K. Methods of seawater analysis. Weinheim; N.Y.; Chicester; Brisbane; Singapore; Toronto: Wiley-VCH, 1999. 600 p.
- 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.
- Hillebrand H., Dürselen C.-D., Kirschtel D., Pollinger U., Zohary T. Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae // J. Phycol. 1999. Vol. 35. N 2. P. 403–424.
- Menden-Deuer S., Lessard E.J. Carbon to volume relationships for dinoflagellates, diatoms, and other protist plankton // Limnol. Oceanogr. 2000. Vol. 45. N 3. P. 569–579.
- Simonsen R. The diatom plankton of the Indian Ocean Expedition of R.V. ‘Meteor’ 1964–65 // Meteor Forschungsgeb. (D. Biol.). 1974. Vol. 19. P. 1–66.
- Hammer Ø., Harper D.A.T., Ryan P. D. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis // Palaeontol. Electron. 2009. Vol. 4. N 1.
- Clarke K.R., Gorley R.N. PRIMER v6: User Manual/ Tutorial. Plymouth: PRIMER-E, 2006. 192 p.
- Sapozhnikov V.V., Arzhanova N.V., Mordasova N.V. Hydrochemistry and production-destruction processes in the White sea // The handbook of environmental chemistry / Eds. D. Barceló and A.G. Kostianoy. Berlin, Heidelberg: Springer, 2018. DOI: 10.1007/698\_2018\_302
- Mitchell B.G., Holm-Hansen O. Observations and modeling of the Antarctic phytoplankton crop in relation to mixing depth // Deep-Sea Res. 1991. Vol. 38. N 8–9. P. 981–1007.
- Hasle G.R. Some *Thalassiosira* species with one central process (Bacillariophyceae) // Norw. J. Bot. 1978. Vol. 25. N 2. P. 77–110.
- Park J.S., Jung S.W., Lee S.D., Yun S.M., Lee J.H. Species diversity of the genus *Thalassiosira* (Thalassiosirales, Bacillariophyta) in South Korea and its biogeographical distribution in the world // Phycologia. 2016. Vol. 55. N 4. P. 403–423.
- Rat'kova T.N. Phytoplankton composition in the White Sea Basin in summer–autumn 1998 and 1999 // Berichte Polarforsch. 2000. Vol. 359. P. 97–109.
- Semina H.J. Iconographia Diatomologica, Volume 10: SEM-studied diatoms of different regions of the World Ocean. Koeltz Scientific Books, 2003. 363 p.
- Гозопев P.M. Диатомовые водоросли позднеледственного льда Белого моря // Новости систематики низших растений. 1998. Т. 32. С. 8–13.
- Filatov N., Pozdnyakov D., Johannessen O.M., Pettersson L.H., Bobylev L.P. Oceanographic regime // White Sea. Its marine environment and ecosystem dynamics influenced by global change / Eds. N.N. Filatov and D.V. Pozdnyakov. London: Springer-Verlag London Ltd, 2005. P. 73–154.

Поступила в редакцию  
10.05.18

Принята в печать  
14.09.18

## HYDROBIOLOGY

THE FIRST RECORD OF *THALASSIOSIRA ANGULATA* (BACILLARIOPHYCEAE) BLOOM IN THE WHITE SEA: SPATIAL DISTRIBUTION AND CONCOMITANT SPECIES

I.G. Radchenko<sup>1,\*</sup>, V.P. Shevchenko<sup>2</sup>, M.D. Kravchishina<sup>2</sup>, V.V. Il'inskiy<sup>1</sup>,  
A.P. Georgiev<sup>3</sup>, A.V. Tolstikov<sup>3</sup>, A.L. Tchultsova<sup>4</sup>, L.V. Ilyash<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Hydrobiology, School of Biology,  
Lomonosov Moscow State University, Leninskiye gory 1–12, Moscow, 119234, Russia;

<sup>2</sup>P.P. Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences,  
Nakhimovskii prosp. 36, Moscow, 117997, Russia;

<sup>3</sup>Northern Water Problems Institute of the Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences,  
Aleksandr Nevsky ul. 50, Petrozavodsk, Republic of Karelia, 163061, Russia;

<sup>4</sup>North-Western Department of P.P. Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences,  
Severnaya Dvina nab. 112/3, Arkhangelsk, 163061, Russia  
\*e-mail: iraradchenko@yandex.ru

Species composition and biomass of phytoplankton ( $B_{\text{sum}}$ ), concentrations of chlorophyll “a” and nutrients, as well as hydrophysical conditions were studied from 5<sup>th</sup> to 12<sup>th</sup> of July, 2011 at 29 stations in the White Sea. With the exception of indicators for two stations in the surface layer of the water column, the values of chlorophyll “a” and  $B_{\text{sum}}$  corresponded to the level of phytoplankton bloom ( $> 1 \text{ mg/m}^3$  and  $> 30 \text{ mg C/m}^3$ , respectively). The biomass dominance of diatom *Thalassiosira angulata* was first noted in vast area of the White Sea, its abundance and biomass in the surface layer reached  $24 \cdot 10^3$  cells/l and  $34.56 \text{ mg C/m}^3$ , respectively. Still higher values were noted at one of the coastal stations at a depth of 3 m ( $179 \cdot 10^3$  cells/l and  $258 \text{ mg C/m}^3$ ). The main factors responsible for the spatial variability of the *T. angulata* biomass were the stability of the water column (positive relation) and salinity (negative relation).

**Keywords:** White Sea, phytoplankton bloom, phytoplankton structure, *Thalassiosira angulata*, nutrients, hydrophysical conditions

## Сведения об авторах

Радченко Ирина Георгиевна — канд. биол. наук, доц. кафедры гидробиологии биологического факультета МГУ. Тел.: 8-495-939-27-91; e-mail: iraradchenko@yandex.ru

Шевченко Владимир Петрович — канд. геол.-минерал. наук, и.о. зам. директора Института океанологии им. П.П. Шишова РАН. Тел.: 8-499-124-77-37; e-mail: vshevch@ocean.ru

Кравчишина Марина Даниловна — канд. геол.-минерал. наук, вед. науч. сотр. лаборатории физико-геологических исследований Института океанологии им. П.П. Шишова РАН. Тел.: 8-499-124-77-37; e-mail: kravchishina@ocean.ru

Ильинский Владимир Викторович — докт. биол. наук, проф. кафедры гидробиологии биологического факультета МГУ. Тел.: 8-495-939-11-48; e-mail: vladilinskiy@gmail.com.

Георгиев Андрей Павлович — канд. биол. наук, ст. науч. сотр. лаборатории гидробиологии Института водных проблем Севера КарНЦ РАН. Тел.: 8-8142-57-65-20; e-mail: a-georgiev@mail.ru

Толстиков Алексей Владимирович — канд. геогр. наук, зав. лабораторией географии и гидрологии Института водных проблем Севера КарНЦ РАН. Тел.: 8-911-402-23-59; e-mail: tolstikov@nwpi.krc.karelia.ru

Чульцова Анна Леонидовна — ст. науч. сотр. Северо-Западного отделения Института океанологии им. П.П. Шишова РАН. Тел.: 8-8182-23-00-63; e-mail: an-2345@yandex.ru

Ильяш Людмила Васильевна — докт. биол. наук, проф. кафедры гидробиологии биологического факультета МГУ. Тел.: 8-495-939-27-91; e-mail: ilyashl@mail.ru