

Научная статья

УДК 581.526.325(265.53)

DOI: 10.26428/1606-9919-2024-204-433-443

EDN: KUANKS



СТРУКТУРА ФИТОПЛАНКТОНА ПРИБРЕЖНЫХ ВОД ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЗАЛ. АНИВА ОХОТСКОГО МОРЯ В 2018 Г.

И.В. Мотылькова, Н.В. Коновалова*

Сахалинский филиал ВНИРО (СахНИРО),

693023, г. Южно-Сахалинск, ул. Комсомольская, 196

Аннотация. Исследованы видовой состав, численность и биомасса фитопланктона на локальном полигоне восточной части зал. Анива с мая по октябрь 2018 г. Обнаружено 297 видов и внутривидовых таксонов микроводорослей из отделов Bacillariophyta, Chlorophyta, Cryptophyta, Dinophyta, Euglenophyta, Crysophyta. Среднедекадная численность по полигону варьировала в пределах 14,8–1024,7 тыс. кл./л, биомасса — 19,4–324,6 мг/м³. Отмечены два пика численности (в июне и октябре) и пять — биомассы (в мае, июне, сентябре и октябре). Основу численности весной и осенью формировали диатомовые водоросли, летом — жгутиковые. Зарегистрировано «цветение» потенциально-токсичных диатомовых водорослей рода *Pseudo-nitzschia*, что необходимо учитывать при планировании и организации хозяйств марикультуры.

Ключевые слова: залив Анива, фитопланктон, диатомовые водоросли, фитофлагеллаты, численность, биомасса, *Pseudo-nitzschia* spp.

Для цитирования: Мотылькова И.В., Коновалова Н.В. Структура фитопланктона прибрежных вод восточной части зал. Анива Охотского моря в 2018 г. // Изв. ТИНРО. — 2024. — Т. 204, вып. 2. — С. 433–443. DOI: 10.26428/1606-9919-2024-204-433-443. EDN: KUANKS.

Original article

Structure of phytoplankton for the coastal waters in the eastern Aniva Bay of the Okhotsk Sea in 2018

Irina V. Motylkova*, Natalia V. Konovalova**

*, ** Sakhalin branch of VNIRO (SakhNIRO),

196, Komsomolskaya Str., Yuzhno-Sakhalinsk, 693023, Russia

* Ph.D., leading researcher, surirella@mail.ru, ORCID 0000-0003-2449-4933

** senior specialist, odontella@mail.ru, ORCID 0009-0005-9561-587X

Abstract. Species composition, distribution density and biomass of phytoplankton were surveyed in the coastal area of eastern Aniva Bay in May–October 2018. In total, 297 species and intraspecific taxa of microalgae belonged to Bacillariophyta, Chlorophyta, Cryptophyta, Dinophyta, Euglenophyta, Crysophyta were found. Their total abundance

* Мотылькова Ирина Викторовна, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, surirella@mail.ru, ORCID 0000-0003-2449-4933; Коновалова Наталья Владимировна, старший специалист, odontella@mail.ru, ORCID 0009-0005-9561-587X.

ranged from $14.8 \cdot 10^3$ to $1024.7 \cdot 10^3$ cells/L, biomass was 19.4–324.6 mg/m³. Two peaks in the abundance (in June and October) and five peaks in the biomass (in May, June, September and October) were noted. The bulk of population was formed by diatoms in spring and autumn, and flagellates in summer. A bloom of potentially toxic diatoms of genus *Pseudo-nitzschia* was registered. In this connection, monitoring of toxic species is necessary for planning and development of aquaculture farms.

Keywords: Aniva Bay, phytoplankton, diatoms, dinoflagellates, distribution density, biomass, *Pseudo-nitzschia* spp.

For citation: Motylkova I.V., Konovalova N.V. Structure of phytoplankton for the coastal waters in the eastern Aniva Bay of the Okhotsk Sea in 2018, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2024, vol. 204, no. 2, pp. 433–443. (In Russ.). DOI: 10.26428/1606-9919-2024-204-433-443. EDN: KUANKS.

Введение

Прибрежная зона зал. Анива Сахалинской области — основное место промысла водных биоресурсов [Абрамова, Слюсаренко, 2004]. Интенсивное использование последних к настоящему времени привело к снижению и истощению запасов многих видов ценных гидробионтов, к числу которых относится приморский гребешок *Mizuhopecten yessoensis* [Чернышова и др., 2022]. Сохранение численности и восстановление популяций этого моллюска возможно при его культивировании. В связи с чем возникает потребность в оценке приемной емкости данной акватории, одним из аспектов которой является изучение кормовой базы. Информация о фитопланктоне зал. Анива, играющего значимую роль в питании приморского гребешка [Калганова, Хрушкова, 1986], содержится в ряде исследований [Киселев, 1947, 1959; Орлова и др., 2004; Селина и др., 2005; Кантаков и др., 2007], но данные о его структуре в узкой прибрежной зоне, где наблюдаются скопления гребешка [Прохорова, Галанин, 2016], немногочисленны [Могильникова и др., 2017; Nikulina et al., 2017].

Цель настоящей работы — описать видовой состав, сезонные изменения численности и биомассы фитопланктона на прибрежном полигоне восточной части зал. Анива.

Материалы и методы

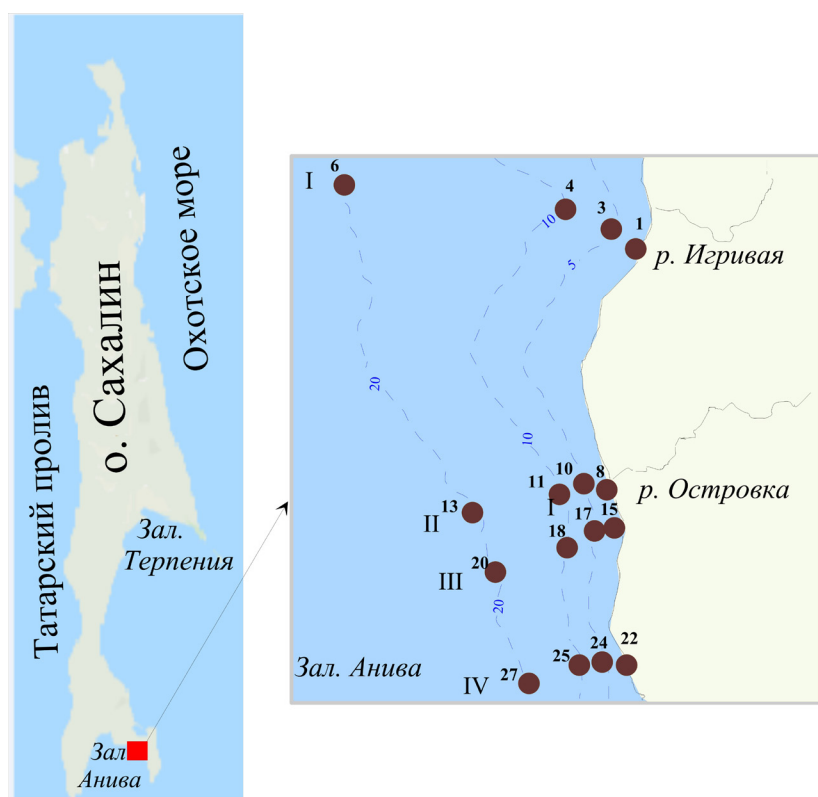
Район исследований охватил локальный полигон, расположенный в восточной части зал. Анива, вблизи впадения р. Островка, в пределах изобат 0–20 м. Река Островка впадает в зал. Анива Охотского моря в его восточной части примерно в 6 км к северу от пос. Новиково. Рельеф морского дна в изучаемом районе достаточно простой, глубина моря плавно увеличивается по мере удаления от берега. В теплый период года под действием преобладающих южных ветров (летний муссон) здесь формируется прибрежный поток, ориентированный на север [Шевченко и др., 2021].

Пробы фитопланктона отбирали батометром с борта моторной лодки в дневное время с мая по октябрь 2018 г. Со второй декады мая по третью декаду июня съемки проводили еженедельно, с августа по октябрь — один раз в месяц. Схема станций включала два разреза, расположенных по обе стороны от устья (разрезы II и III). Один раз в сезон (весна, лето, осень) для более точного отражения количественных характеристик фитопланктона был проведен сбор материала на двух дополнительных, удаленных к северу (разрез I) и югу (разрез IV) разрезах. Станции во все периоды были расположены на уреze воды и глубинах 5, 10 и 20 м (рис. 1). Пробы отбирали с поверхностного, промежуточного (5 м) и придонного горизонтов.

Материал фиксировали раствором Утермеля и обрабатывали согласно общепринятым методикам [Радченко и др., 2010]. Всего было исследовано 196 количественных проб. Отбор проб фитопланктона сопровождался измерением температуры, солености и содержания кислорода многопараметрическим зондом YSI-85 от поверхности до дна с дискретностью 1 м. В районе исследований наблюдались существенные перепады температуры воды в результате формирования прибрежных апвеллингов [Шевченко и др., 2021].

Рис. 1. Карта-схема района исследований: 1–27 — станции отбора проб, I–IV — разрезы

Fig. 1. Scheme of the study area: 1–27 — samplings, I–IV — transects



Отделы микроводорослей представлены согласно классификационной системе, принятой в российской альгологии и приведенной в работе Г.В. Коноваловой с соавторами [1989]. Для уточнения современных названий видовых таксонов использовали общепризнанную мировую базу альгологических данных AlgaeBase*.

Результаты и их обсуждение

За период исследований было обнаружено 297 видов и внутривидовых таксонов микроводорослей из шести отделов и 117 родов (табл. 1). Среди родов наибольшим количеством видов отличались *Protoperdinium* (26 видов), *Gymnodinium* (20), *Chaetoceros* (17), *Gyrodinium* (10), *Dinophysis* (10), *Navicula* (10).

Таблица 1

Таксономический состав фитопланктона на прибрежном полигоне в районе впадения реки Островка в 2018 г.

Table 1

Taxa composition of phytoplankton at the Ostrovka River mouth in 2018

Отдел	Кол-во родов	Кол-во видов	Кол-во видов и внутривидовых таксонов
Bacillariophyta	58	133	136
Chlorophyta	5	6	6
Cryptophyta	2	3	3
Dinophyta	44	141	141
Euglenophyta	3	6	6
Chrysophyta	5	5	5
Всего	117	294	297

Постоянными компонентами фитопланктона, отмеченными во все периоды, были *Cocconeis pediculus* Ehrenberg, *C. scutellum* Ehrenberg, *Cylindrotheca closterium* (Ehrenberg) Reimann & J.C.Lewin, *Gymnodinium albulum* Lindemann, *G. galeatum* Larsen, *G. wulffii* Schiller, *G. japonicum* Hada, *Karlodinium vitiligo* (Ballantine) Larsen, *Navicula transitans* Cleve, *N. transitans* f. *delicatula* Heimdal, *Oblea baculifera* Balech, *Pterosperma cristatum* Schiller, *Rhodomonas salina* (Wislouch) Hill & Wetherbee, *Teleaulax acuta* (Butcher) Hill, *T. amphioxeia* (Conrad) Hill, *Torquentidium helix* (Lemmermann) Shin, Li, Lee & Matsuoka.

Прибрежное положение района сказалось на разнообразии экологических групп. По отношению к солёности были выделены морские (67 % от общего количества видов с известной экологической характеристикой), солоноватоводно-морские (10 %), солоноватоводные (1 %), пресноводно-солоноватоводные (14 %) и пресноводные (7 %) виды. Среди морских видов, согласно классификации фитопланктона по приуроченности к определенным типам биотопов [Киселев, 1969], преобладала группировка неритических видов (67 %). На долю панталассных приходилось 16 %, океанических — 1, литоральных — 6 %.

Фитогеографический анализ показал, что во все периоды исследований преобладали космополиты (25–45 % от общего количества видов). Значительный вклад в формирование видового состава вносили бореальные (14–20 %), тропическо-бореальные (7–17 %) и бореально-арктические виды (4–14 %). Суммарная доля холодноводных видов (арктических, аркто-бореальных, бореальных, бореально-арктических, биполярных) была наиболее высока с мая по вторую декаду июня, в период пониженного температурного фона воды, а тепловодных (бореально-тропических, тропических, тропическо-бореальных) — с июля по сентябрь (рис. 2), при значительном прогреве прибрежных вод. Преобладание тепловодных форм, связанное с влиянием япономорских вод и Восточно-Сахалинского течения, приносящего в летне-осенний период теплую водную массу в залив [Будаева и др., 2005], отмечается и другими исследователями [Селина и др., 2005].

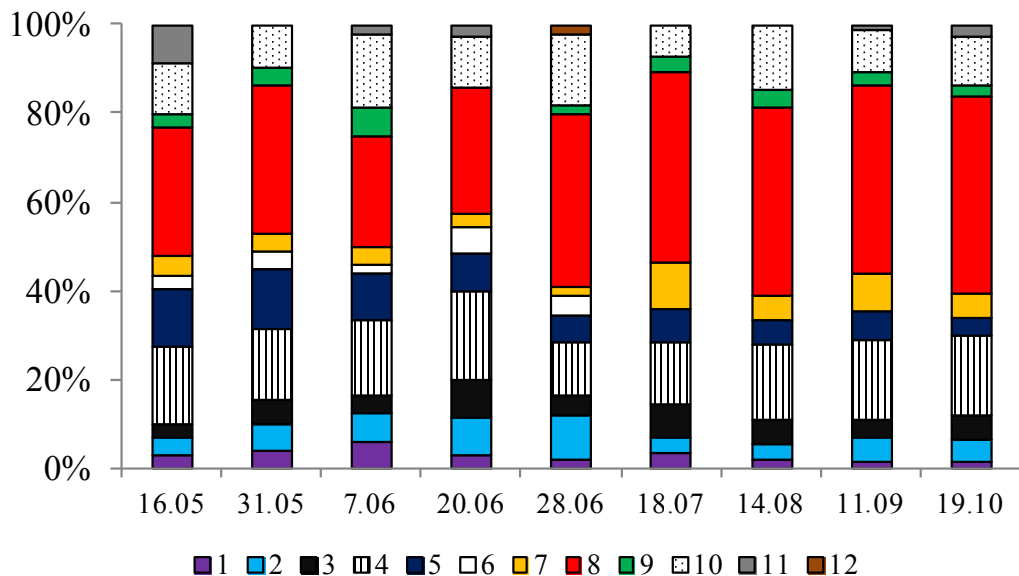


Рис. 2. Динамика фитогеографических комплексов фитопланктона в районе р. Островка по сезонам в 2018 г.: 1 — арктический, 2 — аркто-бореальный, 3 — аркто-бореально-тропический, 4 — бореальный, 5 — бореально-арктический, 6 — биполярный, 7 — бореально-тропический, 8 — космополит, 9 — тропический, 10 — тропическо-бореальный, 11 — тропическо-бореально-арктический, 12 — антарктическо-бореально-арктический

Рис. 2. Dynamics of geographic complexes of phytoplankton at the Ostrovka River mouth in 2018: 1 — arctic, 2 — arctic-boreal, 3 — arctic-boreal-tropical, 4 — boreal, 5 — boreal-arctic, 6 — bipolar, 7 — boreal-tropical, 8 — cosmopolitan, 9 — tropical, 10 — tropical-boreal, 11 — tropical-boreal-arctic, 12 — antarctic-boreal-arctic

Количественные показатели в районе исследований варьировали в значительных пределах: численность — от 14,8 до 1024,7 тыс. кл./л, биомасса — от 19,4 до 324,6 мг/м³.

В сезонной динамике развития фитопланктона выделялось два пика численности и пять — биомассы (рис. 3).

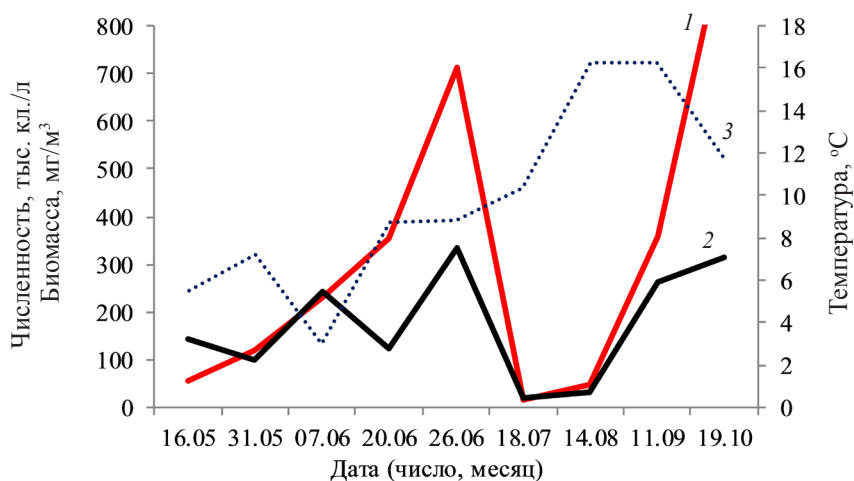


Рис. 3. Сезонная динамика численности (1), биомассы (2) и температуры воды (3) на прибрежном полигоне в районе впадения р. Островка в 2018 г.

Fig. 3. Seasonal dynamics of abundance (1) and biomass (2) of phytoplankton and water temperature (3) in at the Ostrovka River mouth in 2018

Во второй декаде мая, при температуре воды 2,0–7,9 °C (средняя — 5,5 °C), облик фитопланктона формировали холодноводные виды центрических диатомовых водорослей. Высокой частотой встречаемости (90–100 %) отличались *Chaetoceros concavicornis* Mangin, *Corethron pennatum* (Grunow) Ostenfeld, *Sundstroemia setigera* (Brightwell) Medlin и *Thalassiosira nordenskioldii* Cleve. Их развитие определяло первый пик биомассы (141,3 мг/м³) (рис. 3). Наибольшие ее показатели (210–218 мг/м³) были зарегистрированы в прибрежном слое на мористых станциях (рис. 4). Численность в этот период была относительно невысокой (табл. 2) и основной вклад в ее создание вносили мелкоклеточные виды: *Chaetoceros socialis* H.S. Lauder, *Heterocapsa rotundata* (Lochmann) Gert Hansen, *T. amphioxeia*.

Рис. 4. Пространственно-временное распределение биомассы фитопланктона на прибрежном полигоне в районе впадения р. Островка в 2018 г. Зеленые кружки — поверхностный слой, желтые — промежуточный, черные — придонный

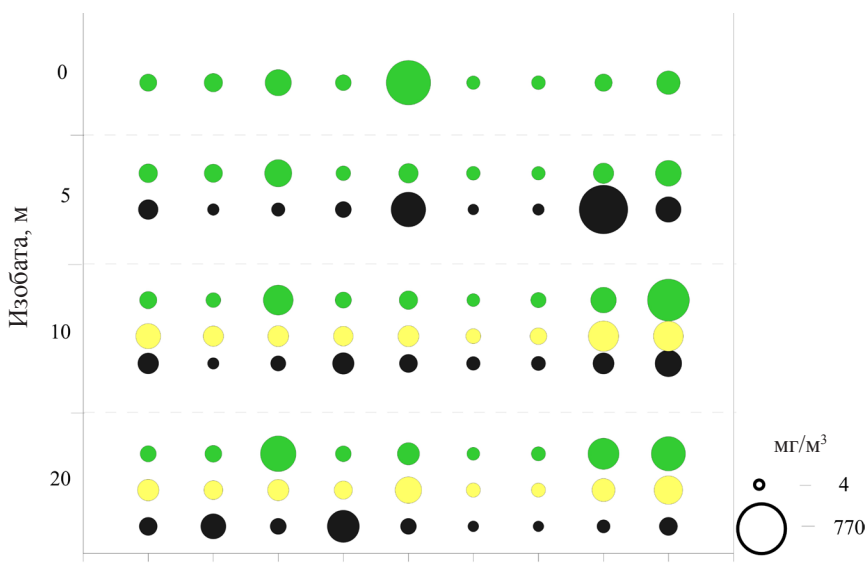


Fig. 4. Spatial distribution of phytoplankton biomass at the Ostrovka River mouth in 2018. Green circles — surface layer, yellow circles — subsurface layer, black circles — bottom layer

Количественные показатели фитопланктона на прибрежном полигоне в районе впадения р. Островка в разные периоды наблюдений в 2018 г.
Table 2
Quantitative parameters of phytoplankton at the Oстровka River mouth, by periods of observation in 2018

Отдел	16.05	31.05	7.06	20.06	28.06	18.07	14.08	11.09	19.10
Bacillariophyta	39,9 ± 5,2 118,6 ± 15,8	2,3 ± 1,6 6,4 ± 4,2	1,3 ± 0,5 2,1 ± 0,7	2,05 ± 1,01 2,4 ± 1,1	6,3 ± 3,1 6,8 ± 2,9	3,2 ± 0,9 4,2 ± 1,3	7,2 ± 2,5 10,0 ± 2,7	136,5 ± 68,9 108,7 ± 28,7	1006,5 ± 92,5 266,8 ± 37,0
Chlorophyta	6,2 ± 3,5 0,3 ± 0,2	23,4 ± 8,9 2,6 ± 1,0	2,4 ± 0,9 0,3 ± 0,1	33,9 ± 8,1 1,8 ± 0,5	87,2 ± 16,6 4,4 ± 0,8	0,3 ± 0,1 0,10 ± 0,02	8,2 ± 4,8 0,4 ± 0,2	9,9 ± 3,0 0,6 ± 0,2	2,9 ± 0,8 0,20 ± 0,01
Cryptophyta	5,7 ± 1,3 2,2 ± 0,6	44,6 ± 11,7 12,4 ± 3,6	142,8 ± 30,9 58,9 ± 12,4	260,74 ± 75,20 64,3 ± 18,9	332,1 ± 51,0 101,9 ± 19,1	5,2 ± 2,5 1,6 ± 0,8	27,1 ± 8,0 6,5 ± 1,9	99,7 ± 25,5 26,2 ± 6,5	4,9 ± 0,8 1,1 ± 0,2
Dinophyta	10,4 ± 3,6 27,1 ± 4,0	19,8 ± 5,2 67,9 ± 18,8	31,4 ± 4,4 105,6 ± 16,8	102,8 ± 41,5 66,8 ± 19,9	177,7 ± 44,2 104,9 ± 21,5	5,75 ± 2,10 13,3 ± 4,7	8,4 ± 2,1 16,5 ± 3,6	37,6 ± 9,3 139,8 ± 29,9	9,6 ± 1,9 55,2 ± 9,1
Euglenophyta	0,09 ± 0,05 0,2 ± 0,1	3,8 ± 2,9 5,8 ± 3,9	21,9 ± 9,9 59,1 ± 21,0	0,8 ± 0,3 1,5 ± 0,7	13,78 ± 9,0 39,5 ± 31,0	0,10 ± 0,03 0,2 ± 0,1	0,1 ± 0,1 0,2 ± 0,1	0,7 ± 0,4 1,7 ± 1,2	—
Chrysophyta	0,004 ± 0,002 0,010 ± 0,005	0,06 ± 0,02 0,09 ± 0,05	0,05 ± 0,02 0,10 ± 0,05	1,8 ± 1,4 0,4 ± 0,3	0,7 ± 0,4 0,1 ± 0,1	0,2 ± 0,1 0,04 ± 0,02	0,53 ± 0,22 0,33 ± 0,12	0,50 ± 0,45 0,2 ± 0,1	0,8 ± 0,3 1,3 ± 0,5

Примечания. В числителе — среднее значение численности (тыс. кл./л) с ошибкой среднего; в знаменателе — среднее значение биомассы (мг/м³) с ошибкой среднего; «—» — нет данных.

В третьей декаде мая, на фоне равномерного прогрева воды за счет преобладания ветров южного румба [Шевченко и др., 2021], наблюдалась перестройка фитопланктонного комплекса, которая заключалась в смене холодноводных видов диатомей фитопланктоном из отделов Chlorophyta, Cryptophyta и Dinophyta. Набор доминирующих видов по биомассе слагали *Alexandrium tamarense* (Lebour) Balech, *Euglena* sp., *Eutreptia lanowii* Steuer, *Gyrodinium spirale* (Bergh) Kofoid & Swezy, *K. vitiligo*, *Lebouridinium glaucum* (Lebour) F. Gómez, H. Takayam, D. Moreira & P. López-García, *Triplos longipes* (Bailey) Gómez, по численности — *H. rotundata*, *Pyramimonas* sp., *T. amphioxieia*. В целом отмечалось снижение среднечислотического объема клеток: в начале мая он составлял 2376 мкм³, в конце месяца — 1013 мкм³. На фоне таких изменений происходило снижение биомассы фитопланктона (см. рис. 3). Численность, напротив, увеличилась, составив в среднем 94,0 тыс. кл./л. Максимум развития был в придонном слое над глубинами 20 м (см. рис. 4).

Набор доминирующих видов по численности и по биомассе оставался прежним и в последующий период наблюдений. Однако локальная смена гидролого-метеорологических условий в изучаемом районе привела к формированию второго пика биомассы (226,1 мг/м³). В это время под действием ветров северо-восточного румба был сформирован прибрежный апвеллинг, обогатив, по всей видимости, верхний перемешиваемый слой воды биогенными элементами, за счет чего количественные показатели фитопланктона возросли почти в два раза (см. рис. 3). Кроме того, оттеснение теплой воды от берега [Шевченко и др., 2021] привело к

смещению активно развивающихся в прибрежной части *T. amphioxeia*, *K. vitiligo*, *E. lanowii* в мористую зону. Это явилось следствием перераспределения биомассы, наибольшие значения которой были приурочены к поверхности воды над изобатами 10 и 20 м (см. рис. 4).

В последующие периоды (вторая и третья декады июня) наблюдалось выпадение из списка доминантов среднеразмерных видов микроводорослей. В сообществе преобладали мелкоклеточные фитофлагелляты *H. rotundata*, *T. amphioxeia*, *Tetraselmis* sp., *Prorocentrum cordatum* (Ostenfeld) J.D. Dodge, которые к концу июня достигли бурного развития, формируя выраженные пики численности (617,8 тыс. кл./л) и биомассы (258 мг/м³). Основное их скопление регистрировалось у уреза воды, где ее температура достигала 10,3 °C (рис. 4).

При дальнейшем повышении температуры верхнего слоя воды (до 12–14 °C в июле и 16–20 °C в августе) на фоне радиационного прогрева и юго-западного ветра, сгонявшего поверхностную теплую воду в восточную часть залива, наблюдалось снижение вегетации *H. rotundata*, *Tetraselmis* sp., *P. cordatum*. Количественные показатели фитопланктона были невысоки (табл. 2). Численность по станциям не превышала 188 тыс. кл./л, биомасса — 121 мг/м³. Распределение микроводорослей было более-менее равномерным (рис. 4).

В сентябре за счет обильной вегетации тепловодных и космополитных видов *Dactyliosolen fragilissimus* (Bergon) Hasle, *Guinardia striata* (Stolterfoth) Hasle, *Pseudonitzschia* cf. *pungens* (Grunow) Hasle, *Prorocentrum triestinum* Schiller, *P. micans* Ehrenberg, *Skeletonema* cf. *marinoi* Sarno & Zingone наблюдался подъем биомассы фитопланктона, а за счет интенсивного развития у поверхности воды диатомей рода *Skeletonema* и в придонном слое криптофитовой *T. amphioxeia* — подъем численности (см. рис. 3). Средняя численность в это время составляла 284,9 тыс. кл./л, биомасса — 277,2 мг/м³ (табл. 2).

В октябре развитие фитопланктона было еще более активным (рис. 3). Средняя численность составляла 1 млн кл./л, биомасса — 324,6 мг/м³ (табл. 2). В сообществе главенствовали диатомовые при доминировании видов рода *Pseudonitzschia* (*P. cf. calliantha*, *P. cf. delicatissima*, *P. pungens*). Максимум биомассы был сформирован у поверхности воды над глубиной 10 м (см. рис. 4).

Проведенные нами наблюдения показали, что основными структурообразующими группами фитопланктона весной и осенью являлись диатомовые водоросли. Известно, что формирование пиков диатомей ведет к истощению биогенных элементов в верхнем перемешиваемом слое. Из-за дефицита минеральных ресурсов они начинают оседать из фотической зоны, и лидирующее положение в сообществе занимают динофлагелляты [Житина и др., 2016]. Последние водоросли наряду с криптофитовыми доминировали на полигоне в летний период, что согласуется с данными, полученными в целом для зал. Анива [Кантаков и др., 2007]. Однако изучения фитопланктона на локальных участках мелководного побережья зал. Анива показывают другую картину. Так, в районах рек Таранай и Аракуль, превосходящих по площади водосбора р. Островка, по численности преобладали диатомовые водоросли, редко — жгутиковые [Могильникова и др., 2017]. В формировании облика фитоценоа важную роль играют силикаты, запасы которых определяются главным образом объемом речного стока [Макаревич, Дружкова, 2010; Torres et al., 2020], и от концентраций растворенного кремния в воде зависит, будут преобладать диатомовые водоросли или доминирование перейдет к какой-либо таксономической группе жгутиковых водорослей [Макаревич, Дружкова, 2010]. Поэтому мы предполагаем, что незначительное доленое участие диатомей и превалирование фитофлагеллят в районе исследований связаны с пониженным стоком р. Островка по сравнению с другими прибрежными участками зал. Анива.

Динамика численности с выраженными пиками летом и осенью соответствует имеющимся представлениям о сезонном развитии фитопланктона в целом для зал. Анива [Кантаков и др., 2007]. Средние значения численности (305 тыс. кл./л) сопоставимы с таковыми для открытых вод зал. Анива. Но, поскольку структуру сообщества продолжительное время

определяли мелкоразмерные виды микроводорослей, значения биомассы, полученные нами, были сравнительно низкими (169,0 мг/м³ против 417,0 мг/м³ [Кантаков и др., 2007]).

Для района исследований характерна пространственная неоднородность количественных показателей фитопланктона. Это связано с высокой гидродинамической активностью, обусловленной главным образом ветровым воздействием.

Одной из особенностей исследуемого участка является обильное развитие в осенний период потенциально токсичных видов рода *Pseudo-nitzschia*. Численность этих продуцентов домоевой кислоты в октябре при температуре воды 11,2 °С и солености 33,2 psu достигала 1,9 млн кл./л. Развитие водорослей *Pseudo-nitzschia* spp. в зал. Анива (до 0,6 млн кл./л) наблюдали и ранее [Кантаков и др., 2007; Стоник, Орлова, 2013; Могильникова и др., 2017]. К тому же был установлен факт накопления домоевой кислоты в тканях гребешка *M. yessoensis* восточного побережья зал. Анива [Могильникова и др., 2017]. Исходя из этого, возникает необходимость проведения регулярных наблюдений за потенциально-токсичными видами в планктоне и содержанием токсинов в тканях гребешка.

Выводы

Установлено, что фитопланктон прибрежных вод зал. Анива характеризуется высоким разнообразием видов. Всего обнаружено 297 видов и внутривидовых таксонов диатомовых, динофитовых, криптофитовых, зеленых, золотистых, эвгленовых водорослей. Основу видового состава представляют диатомовые и динофитовые водоросли бореально-арктического, бореального и тропическо-бореального комплексов с преобладанием неритических форм.

Средневегетационная численность в целом сопоставима с таковой для открытой части зал. Анива, биомасса ниже почти в три раза. Среднедекадная численность варьирует от 14,8 до 1024,7 тыс. кл./л, биомасса — от 19,4 до 324,6 мг/м³. В сезонной динамике количественных показателей прослеживаются два пика (летний и осенний) по численности, пять — по биомассе.

Характерной особенностью для данного участка являются превалирование мелко-клеточных фитофлагеллят с конца мая по август и «цветение» потенциально токсичных диатомовых рода *Pseudo-nitzschia*.

Благодарности (ACKNOWLEDGMENTS)

Авторы глубоко признательны сотрудникам СахНИРО Е.С. Корнееву, Д.С. Заварзину, В.С. Лабаю, Е.В. Фролову, А.П. Прохорову, В.А. Сафроненко за сбор материала.

Авторы благодарны рецензентам за внимательное прочтение рукописи и ценные замечания.

The authors are deeply grateful to E.S. Korneev, D.S. Zavarzin, V.S. Labai, E.V. Frolov, A.P. Prokhorov, and V.A. Safronenko (SakhNIRO) for collecting the materials. The authors are grateful to reviewers for careful reading of the manuscript and their valuable comments.

Финансирование (FUNDING)

Работа проведена в рамках Государственного задания на выполнение НИОКР ФГБНУ СахНИРО на 2018 г.

The study was conducted within the framework of the State assignment for SakhNIRO in 2018.

Соблюдение этических стандартов (COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS)

Настоящая статья не содержит описания каких-либо исследований с использованием людей и животных в качестве объекта.

This article does not describe any research involving humans or animals.

Информация о вкладе авторов (AUTHOR CONTRIBUTIONS)

И.В. Мотылькова — обработка проб фитопланктона, написание статьи и частичная подготовка иллюстративных материалов, Н.В. Коновалова — обработка проб фитопланктона, подготовка иллюстративного материала по распределению биомассы фитопланктона.

I.V. Motylkova processed phytoplankton samples, wrote the text and partially illustrated the article, N.V. Konovalova processed phytoplankton samples and illustrated distribution of phytoplankton biomass.

Список литературы

Абрамова С.В., Слюсаренко Н.В. Рациональное использование и охрана водных биоресурсов на примере залива Анива Сахалинской области // Современные наукоемкие технологии. — 2004. — № 5. — С. 80–81.

Будаева В.Д., Макаров В.Г., Частиков В.Н. Результаты гидрологических исследований залива Анива в 2001–2003 гг. (структура и циркуляция вод) // Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях : Тр. СахНИРО. — 2005. — Т. 7. — С. 83–110.

Житина Л.С., Ильяш Л.В., Белевич Т.А. и др. Структура фитопланктона Белого моря после летнего цветения: пространственная неоднородность в зависимости от гидрофизических условий // Сиб. экол. журн. — 2016. — № 6. — С. 888–899. DOI: 10.15372/SEJ20160608.

Калганова Т.Н., Хрушкова Н.Г. Роль сезонной динамики планктона в питании приморского гребешка в лагуне Буссе (Южный Сахалин) // 4-я Всесоюз. конф. по промысловым беспозвоночным : тез. докл. Ч. 2. — М., 1986. — С. 235–236.

Кантаков Г.А., Стоник И.В., Селина М.С., Орлова Т.Ю. Адвекция, вертикальная устойчивость вод и особенности пространственно-временного распределения фитопланктона в заливе Анива Охотского моря в 2001–2003 гг. // Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях : Тр. СахНИРО. — 2007. — Т. 9. — С. 295–324.

Киселев И.А. Качественный и количественный состав фитопланктона и его распределение в водах у Южного Сахалина и южных Курильских островов // Исслед. дальневост. морей СССР. — 1959. — Вып. 6. — С. 58–77.

Киселев И.А. Планктон морей и континентальных водоемов. Т. 1 : Вводные и общие вопросы планктологии : моногр. — Л. : Наука, 1969. — 658 с.

Киселев И.А. Фитопланктон дальневосточных морей как показатель некоторых особенностей их гидрологического режима // Тр. ГОИ. — 1947. — Т. 1(13). — С. 189–212.

Коновалова Г.В., Орлова Т.Ю., Паутова Л.А. Атлас фитопланктона Японского моря. — Л. : Наука, 1989. — 160 с.

Макаревич П.Р., Дружкова Е.И. Сезонные и циклические процессы в прибрежных планктонных альгоценозах северных морей : моногр. — Ростов н/Д : ЮНЦ РАН, 2010. — 278 с.

Могильникова Т.А., Никулина Т.В., Коренева Т.Г. и др. Фитопланктон и химические показатели прибрежных вод юго-западного и южного Сахалина (Татарский пролив, залив Анива) // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. — Владивосток : Дальнаука, 2017. — Вып. 7. — С. 151–167.

Орлова Т.Ю., Селина М.С., Стоник И.В. Видовой состав микроводорослей планктона охотоморского побережья острова Сахалин // Биол. моря. — 2004. — Т. 30, № 2. — С. 96–104.

Прохорова Н.Ю., Галанин Д.А. Приморский гребешок, как объект искусственного воспроизводства в Сахалино-Курильском регионе // Лучшие практики рыбохозяйственного образования : сб. мат-лов Всерос. науч.-практ. школы-конф. — СПб. : ИНФОСТИ, 2016. — С. 125–131.

Радченко И.Г., Капков В.И., Федоров В.Д. Практическое руководство по сбору и анализу проб морского фитопланктона. — М. : Мордвинцев, 2010. — 60 с.

Селина М.С., Стоник И.В., Кантаков Г.А., Орлова Т.Ю. Сезонная и межгодовая изменчивость видового состава фитопланктона залива Анива Охотского моря // Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях : Тр. СахНИРО. — 2005. — Т. 7. — С. 179–196.

Стоник И.В., Орлова Т.Ю. Видовой состав и количественное распределение диатомовых водорослей рода *Pseudo-nitzschia* Н. Peragallo, 1900 в российских водах Японского и Охотского морей // Биол. моря. — 2013. — Т. 39, № 4. — С. 246–253.

Чернышова Ю.С., Прохорова Н.Ю., Галанин Д.А. Опыт выращивания приморского гребешка *Mizuhopecten yessoensis* в садках в заливе Анива // Изв. ТИНРО. — 2022. — Т. 202, вып. 3. — С. 679–691. DOI: 10.26428/1606-9919-2022-202-679-691. EDN: GMLIYM.

Шевченко Г.В., Частиков В.Н., Полупанов П.В. Океанологические исследования при оценке приемной емкости прибрежных акваторий в районах устьев нерестовых рек юго-восточного побережья о. Сахалин // Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях : Тр. СахНИРО. — 2021. — Т. 17. — С. 132–147.

Nikulina T.V., Mogilnikova T.A., Latkovskaya E.M. et al. Phytoplankton of the coastal zone of Aniva Bay: seasonal change of dominants and quantitative characteristics (Sakhalin Island, Russia) // Life-Supporting Asia-Pacific Marine Ecosystems, Biodiversity and Their Functioning. — Beijing, 2017. — P. 119–126.

Torres R., Reid B., Frangópulos M. et al. Freshwater runoff effects on the production of biogenic silicate and chlorophyll-a in western Patagonia archipelago (50–51°S) // Estuarine, Coastal and Shelf Science. — 2020. — Vol. 241:106597. DOI: 10.1016/j.ecss.2020.106597.

References

Abramova, S.V. and Slyusarenko, N.V., Rational use and protection of aquatic biological resources in Aniva Bay, Sakhalin Region, *Sovremennye naukoemkie tekhnologii*, 2004, no. 5, pp. 80–81.

Budaeva, V.D., Makarov, V.G., and Chastikov, V.N., Results of hydrological studies of Aniva Bay in 2001–2003 (waters structure and circulation), *Biologiya, sostoyaniye zapasov i usloviya obitaniya gidrobiontov v Sakhalino-Kuril'skom regione i sopredel'nykh akvatoriyakh* (Biology, Status of Stocks, and Condition of Habitat of Aquatic Organisms in the Sakhalin-Kuril Region and Adjacent Waters), *Tr. Sakhalin. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2005, vol. 7, pp. 83–110.

Zhitina, L.S., Ilyash, L.V., Belevich, T.A., Klyuvitkin, A.A., Kravchishina, M.D., Tolstikov, A.V., and Tchultsova, A.L., Phytoplankton structure in the white sea after summer bloom: spatial variability in relation to hydrophysical conditions, *Sib. Ekol. Zh.*, 2016, vol. 9, no. 6, pp. 747–755. doi 10.1134/S1995425516060147

Kalганова, T.N. and Khrushkova, N.G., The role of seasonal plankton dynamics in the nutrition of scallops in Busse Lagoon (Southern Sakhalin), in *4-ya Vsesoyuz. konf. po promyslovym bespozvonochnym: tez. dokl., ch. 2* (4th All-Union. conf. on commercial invertebrates: thesis. doc., Pt 2), Moscow, 1986, pp. 235–236.

Kantakov, G.A., Stonik, I.V., Selina, M.S., and Orlova, T.Yu., Advection, vertical stability of waters and features of phytoplankton existential distribution in Aniva Bay of the Okhotsk Sea during 2001–2003, *Biologiya, sostoyaniye zapasov i usloviya obitaniya gidrobiontov v Sakhalino-Kuril'skom regione i sopredel'nykh akvatoriyakh* (Biology, Status of Stocks, and Condition of Habitat of Aquatic Organisms in the Sakhalin-Kuril Region and Adjacent Waters), *Tr. Sakhalin. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2007, vol. 9, pp. 295–324.

Kiselev, I.A., Qualitative and quantitative composition of phytoplankton and its distribution in the waters off southern Sakhalin and the southern Kuril Islands, *Issled. dal'nevost. morey SSSR*, 1959, no. 6, pp. 58–77.

Kiselev, I.A., *Plankton morey i kontinental'nykh vodoyemov. T. 1: Vvodnyye i obshchiye voprosy planktologii* (Plankton of seas and continental bodies of water. Vol. 1: Introductory and general questions of planktology), Leningrad: Nauka, 1969.

Kiselev, I.A., Phytoplankton of the Far Eastern seas as an indicator of some features of their hydrological regime, *Tr. Gos. Okeanogr. Inst.*, 1947, vol. 1(13), pp. 189–212.

Konovalova, G.V., Orlova, T.Yu., and Pautova, L.A., *Atlas fitoplanktona Yaponskogo morya* (Atlas of phytoplankton of the Sea of Japan), Leningrad: Nauka, 1989.

Makarevich, P.R. and Druzhkova, E.I., *Sezonnye i ciklicheskie processy v pribrezhnykh planktonnykh al'gocenozah severnykh morey* (Seasonal and cyclical processes in coastal planktonic algal communities of the northern seas), Rostov-on-Don: Yuzhn. Nauchn. Tsentr, Ross. Akad. Nauk, 2010.

Mogilnikova, T.A., Nikulina, T.V., Koreneva, T.G., Latkovskaya, E.M., and Vedernikova, A.A., Phytoplankton and chemical indices of coastal waters of south-western and southern Sakhalin island (Tatar strait Aniva bay), in *Vladimir Ya. Levanidov's Biennial Memorial Meetings*, 2017, no. 7, pp. 151–167.

Orlova, T.Yu., Selina, M.S., and Stonik, I.V., Species structure of plankton microalgae on the coast of the Sea of Okhotsk on Sakhalin Island, *Russ. J. Mar. Biol.*, 2004, vol. 30, no. 2, pp. 77–86. doi 10.1023/B:RUMB.0000025983.20298.9a

Prokhorova, N.Yu. and Galanin, D.A., Yesso scallop as an object of artificial breeding in the Sakhalin-Kuril Region, in *Sb. mater. Vseross. nauchno-prakt. shkoly-konferentsii "Luchshie praktiki rybokhozyaistvennogo obrazovaniya"* (Proc. All-Russ. Sci.-Pract. School-Conf. "Best Practices in Fisheries Education"), St. Petersburg: INFOSTI, 2016, pp. 125–131.

Radchenko, I.G., Kapkov, V.I., and Fedorov, V.D., *Prakticheskoe rukovodstvo po sboru i analizu prob morskogo fitoplanktona* (A practical guide to the collection and analysis of marine phytoplankton samples), Moscow: Mordvincev, 2010.

Selina, M.S., Stonik, I.V., Kantakov, G.A., and Orlova, T.Yu., Seasonal and interannual variability of phytoplankton species composition in Aniva Bay (Sea of Okhotsk), *Biologiya, sostoyaniye zapasov i usloviya obitaniya gidrobiontov v Sakhalino-Kuril'skom regione i sopredel'nykh akvatori-yakh* (Biology, Status of Stocks, and Condition of Habitat of Aquatic Organisms in the Sakhalin-Kuril Region and Adjacent Waters), *Tr. Sakhalin. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2005, vol. 7, pp. 179–196.

Stonik, I.V. and Orlova, T.Yu., The species composition and quantitative distribution of the diatom genus *Pseudo-nitzschia* H. peragallo, 1990 in Russian waters of the Sea of Japan and the Sea of Okhotsk, *Russ. J. Mar. Biol.*, 2013, vol. 39, no. 4, pp. 238–245. doi 10.1134/S106307401304010X

Chernyshova, Yu.S., Prokhorova, N.Yu., and Galanin, D.A., Experiment on growing of japanese scallop *Mizuhopecten yessoensis* in cages in the Aniva Bay, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2022, vol. 202, no. 3, pp. 679–691. doi 10.26428/1606-9919-2022-202-679-691. EDN: GMLIYM.

Shevchenko, G.V., Chastikov, V.N., and Polupanov, P.V., Oceanological studies in assessing the receiving capacity of coastal waters in the areas of the mouths of spawning rivers on the south-eastern coast of Sakhalin Island, *Biologiya, sostoyaniye zapasov i usloviya obitaniya gidrobiontov v Sakhalino-Kuril'skom regione i sopredel'nykh akvatori-yakh* (Biology, Status of Stocks, and Condition of Habitat of Aquatic Organisms in the Sakhalin-Kuril Region and Adjacent Waters), *Tr. Sakhalin. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2021, vol. 17, pp. 132–147.

Nikulina, T.V., Mogilnikova, T.A., Latkovskaya, E.M., Koreneva, T.G., and Vedernikova, A.A., Phytoplankton of the coastal zone of Aniva Bay: seasonal change of dominants and quantitative characteristics (Sakhalin Island, Russia), *Life-Supporting Asia-Pacific Marine Ecosystems, Biodiversity and Their Functioning*, Beijing, 2017, pp. 119–126.

Torres, R., Reid B., Frangópulos, M., Alarcón, E., Márquez, M., Häussermann, V., Försterra, G., Pizarro, G., Iriarte, J., and González, H.E., Freshwater runoff effects on the production of biogenic silicate and chlorophyll-a in western Patagonia archipelago (50–51°S), *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2020, vol. 241, art. ID 106597. doi 10.1016/j.ecss.2020.106597

Guiry, M.D. and Guiry, G.M., *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>. Cited May, 14, 2024.

Поступила в редакцию 13.05.2024 г.

После доработки 24.05.2024 г.

Принята к публикации 5.06.2024 г.

*The article was submitted 13.05.2024; approved after reviewing 24.05.2024;
accepted for publication 5.06.2024*