

УДК 581.526.325:551.46 (265.35)

DOI 10.15853/2072-8212.2016.42.71-77

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ФИТОПЛАНКТОНА В АКВАТОРИИ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ЗАПАДНОКАМЧАТСКОГО ШЕЛЬФА В СЕРЕДИНЕ ЛЕТА 2008 Г.**Е.В. Лепская***Вед. н. с., к. б. н.; Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
683000 Петропавловск-Камчатский, Набережная, 18
Тел., факс: (4152) 41-27-01. E-mail: lepskaya@list.ru**ОХОТСКОЕ МОРЕ, ЗАПАДНОКАМЧАТСКИЙ ШЕЛЬФ, ФИТОПЛАНКТОН, ЧИСЛЕННОСТЬ, БИОМАССА, ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ*

Исследовали распределение фитопланктона на двух локальных полигонах в акватории северной части западнокамчатского шельфа в начале августа 2008 г. Было обнаружено 65 видовых и внутривидовых таксонов микроводорослей, относящихся к трем классам (Bacillariophyceae, Dinophyceae, Chrysophyceae). Средние для участков значения численности фитопланктона составили 24 и 34 тыс. кл./м³, биомассы — 305 и 357 мг/м³ соответственно. Показано, что на локальных практически «точечных» в масштабах акватории западнокамчатского шельфа участках распределение биомассы фитопланктона неоднородно, тогда как средние для участков значения фитопланктонной биомассы близки. Сравнение собственных данных с литературными показало, что, вероятно, распределение биомассы фитопланктона подчиняется сезонной изменчивости, которая стабильна на протяжении последних 90 лет.

THE MID-SUMMER PHYTOPLANKTON OF THE NORTHERN PART OF WEST KAMCHATKAN SHELF IN 2008**Ekaterina V. Lepsкая***Leading Scientist, PhD in Biology; Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography
683000 Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberezhnaya, 18
Tel., fax: (4152) 41-27-01. E-mail: lepskaya@list.ru**OKHOTSK SEA, WEST KAMCHATKAN SHELF, PHYTOPLANKTON, ABUNDANCE, BIOMASS, DISTRIBUTION*

Distribution of phytoplankton was examined at two local test sites in the waters of the north part of West Kamchatkan shelf in early August in 2008. 65 species and subspecies taxons of microalgae from 3 classes (Bacillariophyceae, Dinophyceae, Chrysophyceae) were identified. The average abundance and biomass of phytoplankton was respectively 24 and 34 thousand cells/m³ and 305 and 357 mg/m³. It was demonstrated, that on the local, almost «dot» plots in scale of the general square of the West Kamchatkan shelf, the distribution of the biomass of the phytoplankton was nonhomogeneous, although average biomass on tested sites was similar. Comparison to literature data most likely indicated of seasonal variations of phytoplankton, which are stable during 90 recent years.

Планируемые работы по оценке нефтегазоносного потенциала западнокамчатского шельфа (Ширков и др., 2006) предполагают непрерывный мониторинг состояния локальных участков моря, затронутых геологическими изысканиями. Одним из индикаторов антропогенного воздействия на биоту таких районов может служить фитопланктон. Ранее было показано, что его вертикальное распределение подчиняется сезонному ритму, а горизонтальное — в значительной степени неравномерно даже в пределах небольшого участка акватории и не зависит от сезонных фаз развития микроводорослей (Лепская, 2015). Известно, что для летнего фитопланктона западнокамчатского шельфа характерны три фазы активности: «цветение» — конец весны (май) — начало лета (июнь), затухание «цветения» — июль, летний минимум — вторая половина — конец августа (Лепская и др., 2008, 2009; Лепская, 2015; Lepskaia et al., 2008).

Цель настоящей работы — выявить особенности вертикального и горизонтального распределения фитопланктона на отдельных участках акватории в северной части западнокамчатского шельфа в начале августа 2008 г.

Исходя из цели, сформулированы следующие задачи:

- определить таксономический состав планктонных микроводорослей;
- оценить численность и биомассу фитопланктона;
- описать вертикальное и горизонтальное распределение фитопланктона на разных участках акватории в близкую внутрисезонную фазу развития.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Чтобы выяснить характер пространственного распределения фитопланктона, обследовали два небольших по площади участка акватории в север-

ной части западнокамчатского шельфа в начале августа 2008 г. (рис. 1).

На каждом участке было выполнено 10 станций. Глубина на обследованных станциях изменя-

лась в узком интервале от 110 до 145 м. Координаты станций и глубины приведены в табл. 1. Пробы отбирали батометром Нискина в поверхностном

слое, слое температурного скачка и у дна и фиксировали раствором Утермеля (2 мл на 1 л натуральной пробы). До обработки пробы хранили в темном прохладном месте. Всего за период работ отобрано 60 фитопланктонных проб (по 30 на каждом из участков).

Таксономическая идентификация микроводорослей северной части западнокамчатского шельфа была проведена автором ранее (Лепская, 2015). Для определения видов, которые не были указаны в этой работе, использовали те же литературные источники. Таксономическую идентификацию проводили в световом микроскопе "Olympus" при увеличении $\times 1500$.

Количественный учет (определение численности) каждой таксономической группы осуществляли в натуральной пробе в камере Наумана объемом 1 мл при увеличении $\times 150$; $\times 300$, $\times 600$. Биомассу фитопланктона рассчитывали как сумму биомасс отдельных

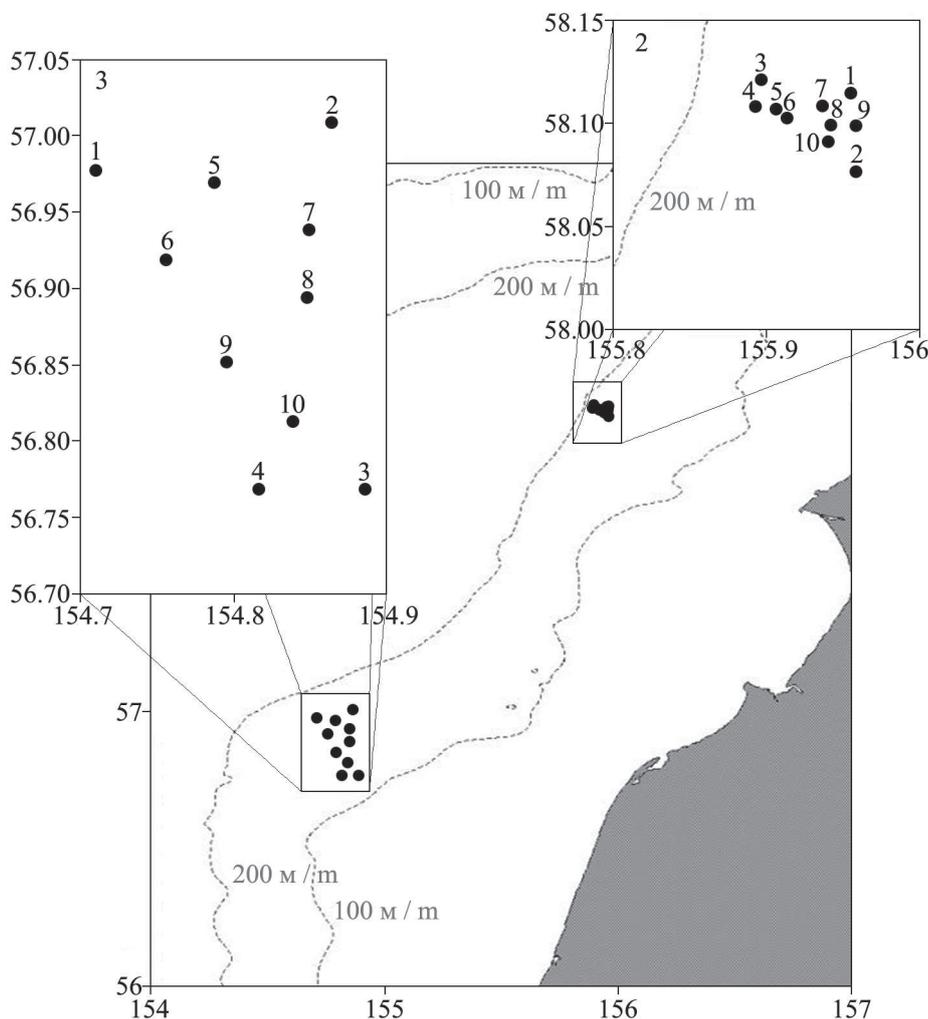


Рис. 1. Схема расположения фитопланктонных станций в северной части западнокамчатского шельфа в начале августа 2008 г.

Fig. 1. The schematic distribution of sampling phytoplankton in the northern part of the West Kamchatkan shelf in early August of 2008

Таблица 1. Координаты и глубины на станциях отбора фитопланктона в северной части западнокамчатского шельфа в начале августа 2008 г.

Table 1. The coordinates and the depths at phytoplankton sampling points in the north part of the West Kamchatkan shelf in early August of 2008

Участок 1 (У-1) — 07.08.2008 Site 1 (Y-1) — 07.08.2008				Участок 2 (У-2) — 01.08.2008 Site 2 (Y-2) — 01.08.2008			
Станция Point	Глубина, м Depth, m	Долгота (в.д.) Longitude (E)	Широта (с.ш.) Latitude (N)	Станция Point	Глубина, м Depth, m	Долгота (в.д.) Longitude (E)	Широта (с. ш.) Latitude (N)
1	126	154°41'967"	56°58'383"	1	130	155°56'783"	58°06'533"
2	124	154°51'500"	57°00'317"	2	127	155°57'317"	58°03'967"
3	110	154°53'083"	56°45'667"	3	143	155°53'483"	58°06'750"
4	110	154°48'583"	56°45'667"	4	145	155°52'950"	58°06'300"
5	125	154°47'128"	56°58'106"	5	134	155°54'246"	58°06'262"
6	118	154°45'205"	56°55'088"	6	135	155°54'501"	58°05'685"
7	124	154°50'580"	56°56'193"	7	133	155°56'122"	58°06'214"
8	116	154°50'531"	56°52'986"	8	127	155°55'918"	58°05'567"
9	118	154°47'424"	56°51'072"	9	127	155°56'907"	58°05'567"
10	112	154°50'186"	56°48'458"	10	127	155°55'847"	58°04'877"

таксономических (размерных) групп, используя значения их клеточных объемов (Лепская, 2015).

Средние значения численности и биомассы фитопланктона для каждой станции рассчитывали как средневзвешенные значения в толще воды от поверхности до дна.

При изложении результатов участки обозначили У-1 (участок 1) и У-2 (участок 2), а станции обозначали как, например, 1-1 (первая цифра — номер участка, вторая — номер станции).

Компьютерную обработку данных проводили с помощью программ: MS Office XP (Word, Excel), Surfer 8.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В начале августа на обследованных участках акватории было найдено 65 таксонов микроводорослей (35 на У-1 и 55 на У-2). Общими на обоих участках были 24 таксона: *Chaetoceros atlanticus*, *C. concavicornis*, *C. furcellatus*, *Coscinodiscus* sp., *Cylindrotheca closterium*, *Denticula* sp., *Navicula septentrionalis*, *Paralia sulcata*, *Rhizosolenia hebetata* f. *semispina*, *Thalassiosira excentrica*, *T. grvida* (диатомовые), *Ceratium longipes*, *Dinophysis norvegica*, *Gonyaulax* cf. *scrippsae*, *G. spinifera*, *Gymnodinium* cf. *veneficum*, *Gyrodinium fusiforme*, *G. spirale*, *Heterocapsa triquetra*, *Katodinium* cf. *rotundatum*, *Peridinium* (?) sp., *Protoperidinium grani*, *Scrippsiella trochoidea* (динофитовые), *Distephanus speculum* (золотистые). При этом *Chaetoceros furcellatus* присутствовал в основном в виде спор. Несмотря на довольно представительный список общих видов, биомасса фитопланктона на станциях каждого участка формировалась разным комплексом микроводорослей. На У-1 такие виды, как *Chaetoceros atlanticus*, *C. concavicornis*, *C. furcellatus* (споры), *C. diadema* (споры), *C. pseudocrinitus*, *Coscinodiscus radiatus*, *Coscinodiscus* sp., *Cylindrotheca closterium*, *Denticula* sp., *Navicula septentrionalis*, *N. transitans* var. *derasa*, *Paralia sulcata*, *Rhizosolenia hebetata* f. *semispina*, *Thalassiothrix* sp. (диатомовые), *Ceratium longipes*, *Dinophysis norvegica*, *Gonyaulax* cf. *scrippsae*, *G. spinifera*, *Gymnodinium* cf. *veneficum*, *Gyrodinium fusiforme*, *G. spirale*, *Heterocapsa triquetra*, *Katodinium* cf. *rotundatum*, *Peridinium* sp., *Protoperidinium grani*, *P. pelucidum*, *P. pentagonum* (динофитовые), составляли от 10 до 90% фитопланктонной биомассы. На У-2 это были диатомовые *Bacterosira fragilis*, *Chaetoceros concavicornis*, *C. furcellatus*, *C. furcellatus*

(споры), *Corethron criophilum*, *Coscinodiscus* cf. *janischii*, *Coscinodiscus* sp. 1, *Coscinodiscus* sp. 2, *Cylindrotheca closterium*, *Denticula* sp., *Leptocylindrus danicus*, *Navicula directa*, *N. distans*, *N. septentrionalis*, *N. transitans* var. *derasa* f. *delicatula*, *Nitzschia longissima*, *Odontella aurita*, *Paralia sulcata*, *Proboscia alata*, *Pseudosolenia calcar avis*, *Rhizosolenia hebetata* f. *semispina*, *Thalassiothrix* sp., *Thalassiosira grvida* (споры), *T. eccentrica*, а из динофитовых *Ceratium longipes*, *Dinophysis acuta*, *D. norvegica*, *Diplopsalis lenticula*, *Gonyaulax* cf. *scrippsae*, *G. spinifera*, *Gymnodinium* cf. *veneficum*, *Gyrodinium fusiforme*, *G. spirale*, *Heterocapsa triquetra*, *Katodinium* cf. *rotundatum*, *Peridinium* sp., *Protoperidinium* cf. *conicum* var. *concaum*. Общий вид, отмеченный на всех станциях — автотрофная динофитовая *Heterocapsa triquetra*. На 8–9 станциях каждого участка присутствовали диатомея *Chaetoceros furcellatus* (в основном в виде спор) и динофитовые рода *Gonyaulax*, а на У-2 — также *Ceratium longipes*. Остальные таксоны были встречены не более чем на пяти станциях каждого из участков.

Численность фитопланктона средняя на У-1 составила в поверхностном слое 19 (2–50) тыс. кл./м³; в слое скачка 19 (8–46) тыс. кл./м³; в придонном слое 39 (0–210) тыс. кл./м³. Соответственно, в поверхностном слое на диатомовые приходилось 1%, а на динофитовые 99%; в слое скачка — 13 и 87%, а в придонном слое — 98 и 2%. Для У-2 значения численности по слоям несколько отличались. Так, водоросли были в основном сосредоточены в поверхностном слое 48 (15–136) тыс. кл./м³, тогда как в слое скачка 28 (4–74) тыс. кл./м³ и у дна 25 (6–55) тыс. кл./м³ их было без малого вдвое меньше. Динофитовые составляли 71 и 72% соответственно у поверхности и в слое скачка и всего 3% у дна. На диатомовые приходилось 22% в поверхностном слое, 19% в слое скачка и 24 у дна. Остальные 8, 9 и 1% относились к представителям золотистых микроводорослей.

Вертикальное распределение биомассы фитопланктона также было неравномерным (рис. 2). На У-1 наибольшие ее значения отмечены в придонном слое на станциях 1-1 (3,3 г/м³) и 1-7 (1,1 г/м³). Несколько слабее микроводоросли были развиты в слое температурного скачка на станции 1-5 (0,9 г/м³) и на поверхности на станции 1-8 (0,9 г/м³). Средние величины биомассы (0,1–0,5 г/м³) отмечены на станциях 1-1, 1-4, 1-5, 1-7, 1-8, 1-9 в по-

верхностном слое, и на станциях 1-1, 1-2, 1-4 и 1-8 — в слое скачка (рис. 2А). В остальных случаях биомасса фитопланктона составляла менее 0,1 г/м³. На всех станциях в придонном слое от 80% и более биомассу фитопланктона формировали диатомовые, а в поверхностном слое и слое температурного скачка — динофитовые (рис. 2Б). На У-2 выявлено три пика биомассы фитопланктона: два — в слое температурного скачка на станциях 2-2 (20,5 г/м³) и 2-8 (6,4 г/м³) и один — на поверхности, станция 2-9 (1,7 г/м³) (рис. 2В). Биомасса фитопланктона в 0,6–0,7 г/м³ отмечена в поверхностном слое на станциях 2-6, 2-7, 2-8 и в слое скачка на станции 2-10. Средние значения фитопланктонной биомассы выявлены в поверхностном слое станций 2-2, 2-4, 2-6, 2-7, 2-9 и в слое температурного скачка на 2-1, 2-5, и 2-10. Во всех

других случаях ее значения не превышали 0,1 г/м³. Примечательно, что структура биомассы микроводорослей на этом участке за небольшим исключением повторяет таковую на У-1. И лишь на ст. 2-2 и 2-8 в слое скачка и, соответственно, максимумов биомассы доминируют диатомовые (рис. 2Г).

О вертикальном распределении фитопланктона над западнокамчатским шельфом до сих пор известно немного. По данным А.П. Кусморской (1940), в конце мая – начале июня 1937 г. у западных берегов Камчатки фитопланктон был представлен диатомеями (*Thalassiosira* и *Chaetoceros*), которые концентрировались в верхнем 50-метровом горизонте, тогда как в июле и августе их сменили динофитовые (*Ceratium* и *Peridinium* = *Protoperdinium*). Исследования, проведенные в мае–

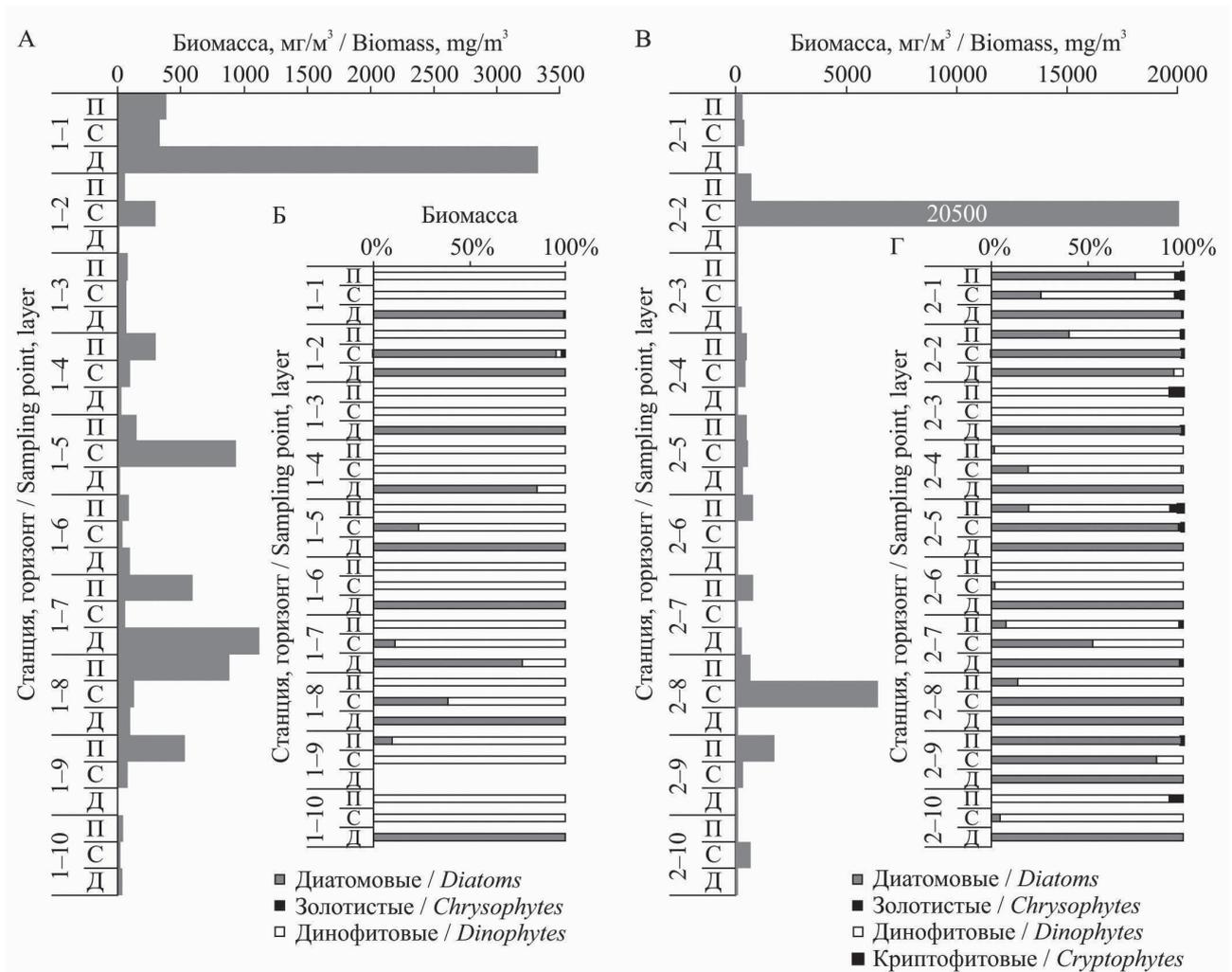


Рис. 2. Вертикальное распределение биомассы (А, В) микроводорослей и ее структуры (Б, Г) в северной части западнокамчатского шельфа в начале августа 2008 г. А, Б — участок 1; В, Г — участок 2. П — поверхностный слой, С — слой температурного скачка, Д — придонный слой
 Fig. 2. The vertical distribution of the biomass (А, В) and the structure (Б, Г) of microalgae in the north part of the West Kamchatkan shelf in early August of 2008. А, Б — site 1; В, Г — site 2. П — surface layer, С — the layer of the temperature jump, Д — demersal layer

июне (весенне-летнее «цветение») 1954 г. у охотоморских берегов Южной Камчатки в условиях гомотермии и гомогалинности, показали, что фитопланктон, представленный бореальным комплексом диатомовых микроводорослей, был неравномерно распределен по вертикали. Микроводоросли концентрировались в верхнем 50-метровом слое, а максимумы численности и биомассы располагались в основном у поверхности и редко на 25-метровом горизонте (Кузьмина, 1959).

Сезонная изменчивость вертикального распределения и структуры фитопланктона в северной части западнокамчатского шельфа на примере мониторинга локального участка описана в работе Е.В. Лепской (2015), в которой летний период 2008 г. представлен серединой июня и концом августа. Эти временные отрезки характеризовались четкими особенностями в вертикальном распределении фитопланктона. Так, в первом случае диатомовые распределялись в слое воды от поверхности до дна, остальные, в основном динофитовые, обитали преимущественно в верхних слоях воды, а во втором — диатомовые концентрировались в придонном слое, а динофитовые исключительно в верхних слоях воды и были представлены практически одними автотрофами. Подобное распределение микроводорослей по вертикали отмечалось также в конце августа того же года и для других участков (У-1, У-2) акватории. В поверхностном слое на станциях 1-1, 1-7, 1-8, 2-4, 2-6, 2-9 и в слое скачка на 1-5, 2-5, 2-10 максимум биомассы формировали автотрофные динофитовые *Ceratium longipes*, на 1-9 (поверхность) — *Gonyaulax spinifera*. На станциях, где биомасса фитопланкто-

на в поверхностном слое и слое скачка оценивалась в 20–40 мг/м³, 40–99% ее составляла автотрофная динофитовая *Heterocapsa triquetra*. Эти данные согласуются с таковыми, полученными автором для южной части западнокамчатского шельфа в 2005–2007 гг. (Лепская и др., 2008, 2009; Lepskaya et al., 2008), что свидетельствует о существовании общих сезонных закономерностей в вертикальном распределении количественных и структурных характеристик фитопланктона на западнокамчатском шельфе.

В горизонтальном распределении микроводорослей как на У-1, так и на У-2 можно выделить общие черты. Например, на большинстве станций и в том и в другом районе численность и биомасса микроводорослей характеризуются средними значениями и лишь одна станция первого участка и две станции второго участка выделяются либо максимумом численности (станции 1-7, 2-1, 2-5), либо биомассы (станции 1-1, 2-2, 2-8) (рис. 3А, Б). Такие «точечные» максимумы плотности фитопланктона могли быть сформированы в результате воздействия вихревых образований при ветровом воздействии на ограниченные участки акватории. На картах течений (рис. 4) видно, что тестируемые участки были расположены в зонах действия таких вихрей, образованных течениями.

Средняя по акваториям исследованных участков биомасса фитопланктона была на порядок меньше, чем в середине июня на соседнем локальном участке, но втрое больше по сравнению с биомассой фитопланктона на том же соседнем участке в конце августа (Лепская, 2015). Сезонные особенности в распределении биомассы фитоплан-

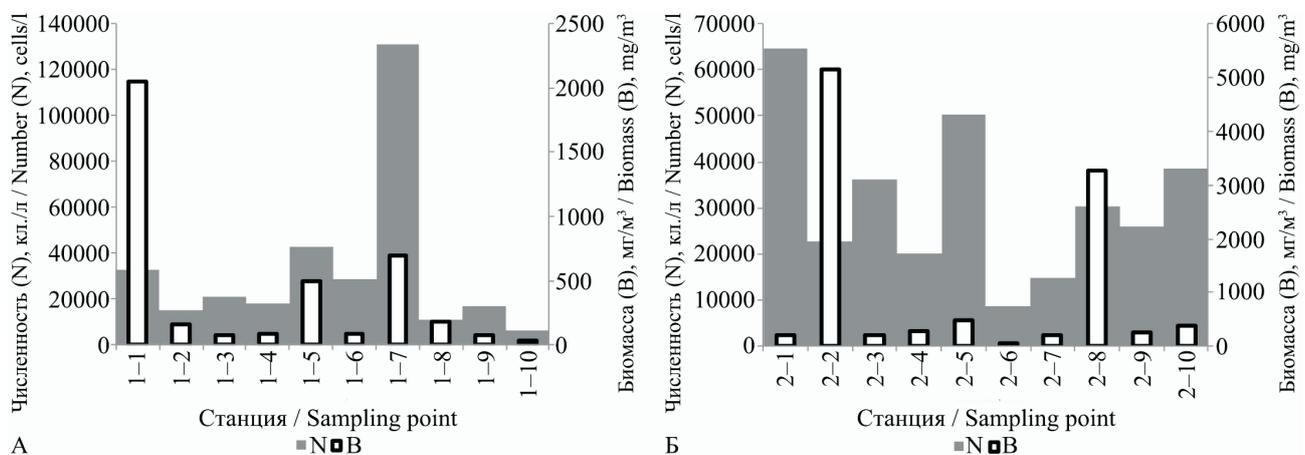


Рис. 3. Горизонтальное распределение численности (N) и биомассы (B) микроводорослей на участке 1 (А) и участке 2 (Б) в северной части западнокамчатского шельфа в начале августа 2008 г.
Fig. 3. The horizontal distribution of the number (N) and the biomass (B) of microalgae at the sites 1 (A) and 2 (B) in the north part of the West Kamchatkan shelf in early August of 2008

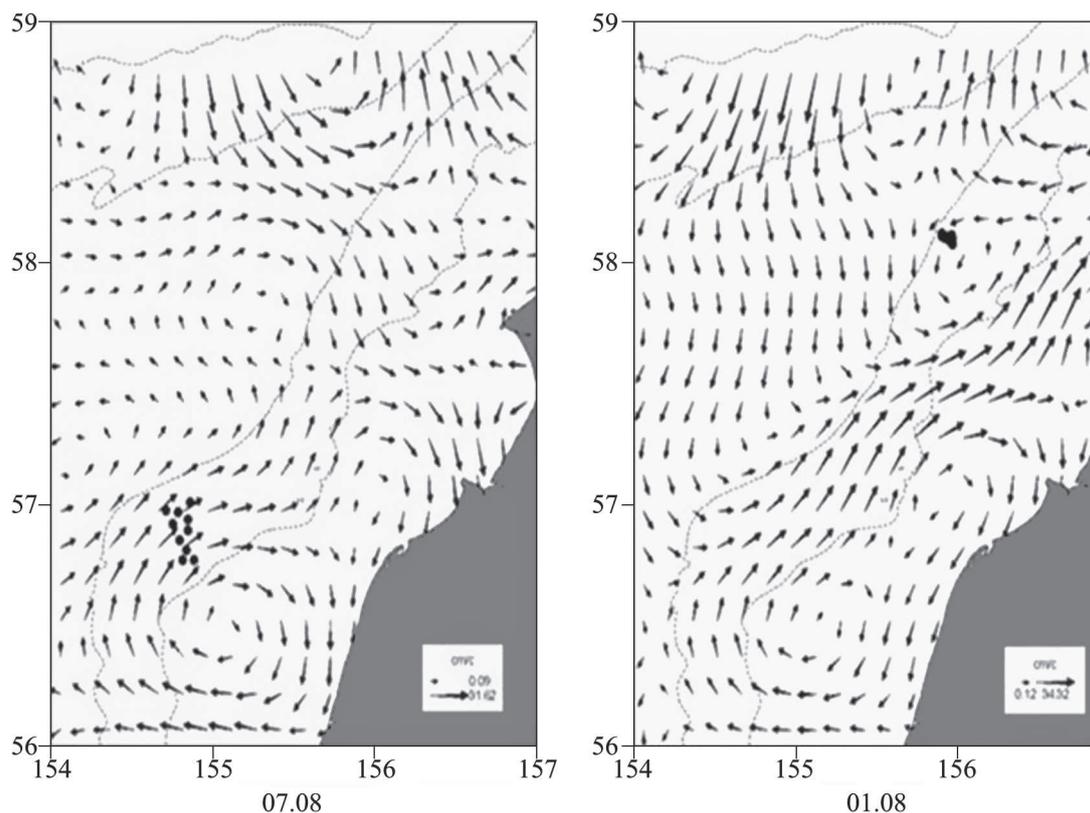


Рис. 4. Схема поверхностных течений на участке 1 (07.08) и участке 2 (01.08) в северной части западнокамчатского шельфа в начале августа 2008 г.
 Fig. 4. The scheme of the surface currents at the sites 1 (07.08) and 2 (01.08) in the north part of the West Kamchatkan shelf in early August of 2008

ктонна по акватории отмечены и в 1954 г. для восточной части Охотского моря, когда максимум ее, независимо от станции, приходился на время весенне-летнего цветения, а минимум — на середину лета (Кусморская, 1940). Аналогичную картину распределения биомассы фитопланктона наблюдали у берегов Западной Камчатки и в 2005–2006 гг. (Лепская и др., 2008). Распределение биомассы фитопланктона по акватории в большой степени подчиняется сезонным закономерностям, что остается неизменным на протяжении последних без малого 90 лет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В начале августа 2008 г. в планктоне с двух локальных участков западнокамчатского шельфа обнаружено 65 видовых и внутривидовых таксонов микроводорослей, относящихся к трем классам.

Средняя численность фитопланктона для каждой локальной акватории была одного порядка, составляя для У-1 24 тыс. кл./м³, а для У-2 — 34 тыс. кл./м³. Средняя биомасса фитопланктона для каждого из участков практически не отличалась и составила для У-1 305 мг/м³, для У-2 — 357 мг/м³. Внутри каждой локальности распреде-

ление как численности, так и биомассы микроводорослей было неоднородным.

Сравнение количественных характеристик фитопланктона и их вертикального распределения на близких участках, исследованных в более ранние и более поздние сроки того же года показало, что фитопланктон на У-1 и У-2 находится в фазе летнего минимума. Сравнение наших данных с литературными показало, что вертикальное распределение биомассы фитопланктона и ее структуры на западнокамчатском шельфе подчиняется сезонной изменчивости, остающейся неизменной на протяжении последних 90 лет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Биология океана. 1977. Т. 1. Биологическая структура океана (Ред. М.Е. Виноградова). М.: Наука. 399 с.
- Кузьмина А.И. 1959. Некоторые данные о весенне-летнем фитопланктоне Северо-Курильского района // Тр. Ин-та океанологии. Т. XXXVI. С. 215–229.
- Кусморская А.П. 1940. Сезонные изменения планктона Охотского моря // Бюллетень Московского общества испытателей природы, отделение биологии. Т. XLIX (3–4). С. 155–172.

- Лепская Е.В., Коломейцев В.В., Шагинян А.Э., Заочный И.А., Свириденко В.Д.* 2008. Фитопланктон на юго-западном участке камчатского побережья Охотского моря в 2005–2006 гг. // Современное состояние водных биоресурсов: Матер. науч. конф., посвящ. 70-летию С.М. Коновалова. Владивосток: ТИНРО-Центр. С. 152–156.
- Лепская Е.В., Коломейцев В.В., Тепнин О.Б., Коваль М.В.* 2009. Фитопланктон у юго-западного побережья Камчатки в середине лета 2007 г. // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 15. С. 21–33.
- Лепская Е.В.* 2015. Фитопланктон северной части западно-камчатского шельфа в летний период 2008 г. // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 36. С. 87–98.
- Мещерякова И.М.* 1959. О планктоне Охотского моря вблизи Юго-Западной Камчатки // Известия ТИНРО. Т. XLVII. С. 36–49.
- Ширков Э.И., Ширкова Е.Э., Дьяков М.Ю.* 2006. Экономическая оценка природного потенциала шельфа Западной Камчатки. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. 54 с.
- Lepskaya E.V., Dekstein A.B., Kolomeitsev V.V., Shaginyan A.E., Zaichny I.A.* 2008. Diatom plankton in the Okhotsk Sea coastal waters adjacent Kamchatka in 2004–2006: composition, abundance, biomass, dynamics // Abstract book, 20th International Diatom Symposium (7–13 September 2008. Dubrovnik, Croatia). P. 176.