

УДК 581.526.325:551.46 (265.35)

DOI: 10.15853/2072-8212.2015.36.87-98

## ФИТОПЛАНКТОН СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ЗАПАДНО-КАМЧАТСКОГО ШЕЛЬФА В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД 2008 Г.

**Е.В. Лепская**

*Вед. н. с., 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, ЗАПАДНО-КАМЧАТСКИЙ ШЕЛЬФ, ФИТОПЛАНКТОН, ДОМИНАНТНЫЕ КОМПЛЕКСЫ, ЧИСЛЕННОСТЬ, БИОМАССА, ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ*

Мониторинг фитопланктона западнокамчатского шельфа был проведен на локальном полигоне в северо-восточной части Охотского моря и охватил все весенне-летние стадии развития планктонных водорослей, начиная с их весеннего максимума во время «цветения» в конце мая и до сезонного минимума в конце августа. Всего в планктоне над западнокамчатским шельфом летом 2008 г. было обнаружено 97 видовых и внутривидовых таксонов микроводорослей, относящихся к 7 классам. Из них 76 — диатомовые (Bacillariophyceae), 15 — динофитовые (Dinophyceae), 1 — диктиоховые (Dictyochophyceae), 1 — золотистые (Chrysophyceae), 1 — евгленовые (Euglenophyceae), 1 — криптофитовые (Cryptophyceae), 2 — примнезиофитовые (Prymnesiophyceae). В конце мая (период «цветения») планктонные водоросли были сконцентрированы в эпипелагиали, в начале лета (середина июня) — в слое температурного скачка, а в конце лета (двадцатые числа августа) — в придонном слое. Количественные показатели фитопланктона колебались в широких пределах: численность — от 1 до  $10^7$  кл./л, биомасса — от 0,001 до 23 825 мг/м<sup>3</sup>. Максимальные значения биомассы автотрофного планктона (до 23 г/м<sup>3</sup>) были отмечены в конце мая в поверхностном слое, что характерно для высокопродуктивных высокоширотных районов Мирового океана, к которым относится северная часть западнокамчатского шельфа. Показатели, характеризующие состояние фитопланктона — видовое богатство, численность и биомасса, изменялись одинаково, на всех станциях, уменьшаясь от начала к концу летнего (вегетационного) периода, подчиняясь естественной сезонной динамике морских бореальных популяций микроводорослей. Неравномерность распределения микроводорослей по локальной акватории нужно учитывать при мониторинге западнокамчатского шельфа в процессе освоения нефтегазоносных месторождений на этом участке.

## SUMMER PHYTOPLANKTON OF THE NORTHERN PART OF WEST KAMCHATKAN SHELF IN 2008

**E.V. Lepskaya**

*Leading researcher, Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography  
683000 Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberedzhnaya, 18  
Tel., fax: (4152) 41-27-01  
E-mail: lepskaya@list.ru*

*OKHOTSK SEA, WEST KAMCHATKAN SHELF, PHYTOPLANKTON, DOMINANT COMPLEXES, ABUNDANCE, BIOMASS, SPATIAL DISTRIBUTION*

Monitoring of phytoplankton on West Kamchatkan shelf was accomplished on a local area in the north-east part of Okhotsk Sea and covered all spring and summer stages of algae plankton development from spring maximum in the course of “blossoming” in late May until seasonal minimum in late August. In 2008 the summer plankton on the shelf revealed 97 microalgae species and subspecies from 7 classes. The pool included representatives of Bacillariophyceae (76), Dinophyceae (15), Dictyochophyceae (1), Chrysophyceae (1), Euglenophyceae (1), Cryptophyceae (1), Prymnesiophyceae (2). In late May (period of “blossoming”) the plankton algae were concentrated in the epipelagic zone, in early summer (mid June) — in the layer of temperature jump, and in late summer (the third decade of August) — in the demersal layer. The quantitative characteristics of the phytoplankton varied within wide ranges: the abundance was from 1 to  $10^7$  cells/l, the biomass — from 0.001 to 23 825 mg/m<sup>3</sup>. The maximum biomass of the autotrophic plankton (up to 23 g/m<sup>3</sup>) was revealed in the surface layer in late May, what is typical for productive high latitude zones of World ocean, including the northern part of the West Kamchatkan shelf. The qualitative characteristics of the phytoplankton (species diversity, abundance and biomass) demonstrated similar dynamics in all stations: a decrease from early to late summer (vegetative) period, according to natural seasonal dynamics of marine boreal populations of microalgae. The irregular distribution of the microalgae species within the area of the monitoring on the West Kamchatkan shelf should be taken into account in the course of exploration of oil and gas deposits on this site.

Западнокамчатский шельф считается одним из самых продуктивных районов Мирового океана (Биология океана, 1977). Начало геологических

изысканий и планируемая добыча углеводородного сырья в его северной части (Ширков и др., 2006) требуют пристального изучения состояния гидро-

бионтов этого района, в том числе фитопланктона. Несмотря на значительную роль шельфа Западной Камчатки в воспроизводстве промысловых рыб и беспозвоночных (Ширков и др., 2006), многие компоненты биоты этого района до сих пор изучены слабо. Например, нет сведений о видовом составе, численности, биомассе фитопланктона северной части западнокамчатского шельфа, не говоря уже о сезонной и межгодовой изменчивости этих характеристик, поскольку все исследования фитопланктона Охотского моря у берегов Камчатки проводились значительно южнее (Кусморская, 1940; Мещерякова, 1959; Кузьмина, 1959, 1962; Вентцель, 1997; Орлова и др., 2004; Лепская, 2008; Лепская и др., 2008, 2009).

Цель настоящего исследования — оценка состояния фитопланктонного сообщества северной части западнокамчатского шельфа летом 2008 г. Исходя из цели, были сформулированы следующие задачи:

- охарактеризовать температурные условия в точках отбора фитопланктонных проб;
- определить таксономический состав планктонных микроводорослей;
- оценить численность и биомассу фитопланктона в исследуемом районе;
- показать неоднородность распределения фитопланктона в границах локального полигона.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Пробы фитопланктона отбирали с конца мая по конец августа 2008 г. на локальном полигоне (рис. 1). Координаты станций приведены в табл. 1. Глубина на всех станциях в районе исследований составляла 285–290 м.

Пробы отбирали батометром Нискина в поверхностном слое, слое температурного скачка и у дна. Всего проведено три серии наблюдений: в конце мая (30.05–31.05.2008); в середине июня (16.06.2008) и в конце августа (27–9.08.2008). За весь период работ было собрано и обработано 45 проб фитопланктона (по 15 в каждой серии). Пробы фиксировали 40%-м раствором формалина (5 мл на 200 мл пробы). До обработки в лаборатории пробы хранили в темном прохладном месте.

Для таксономической идентификации микроводорослей использовали определители и монографии отечественных и зарубежных авторов (Коновалова и др., 1989; Руководство., 1990; Коновалова, 1998; Диатомовые водоросли., 2002,

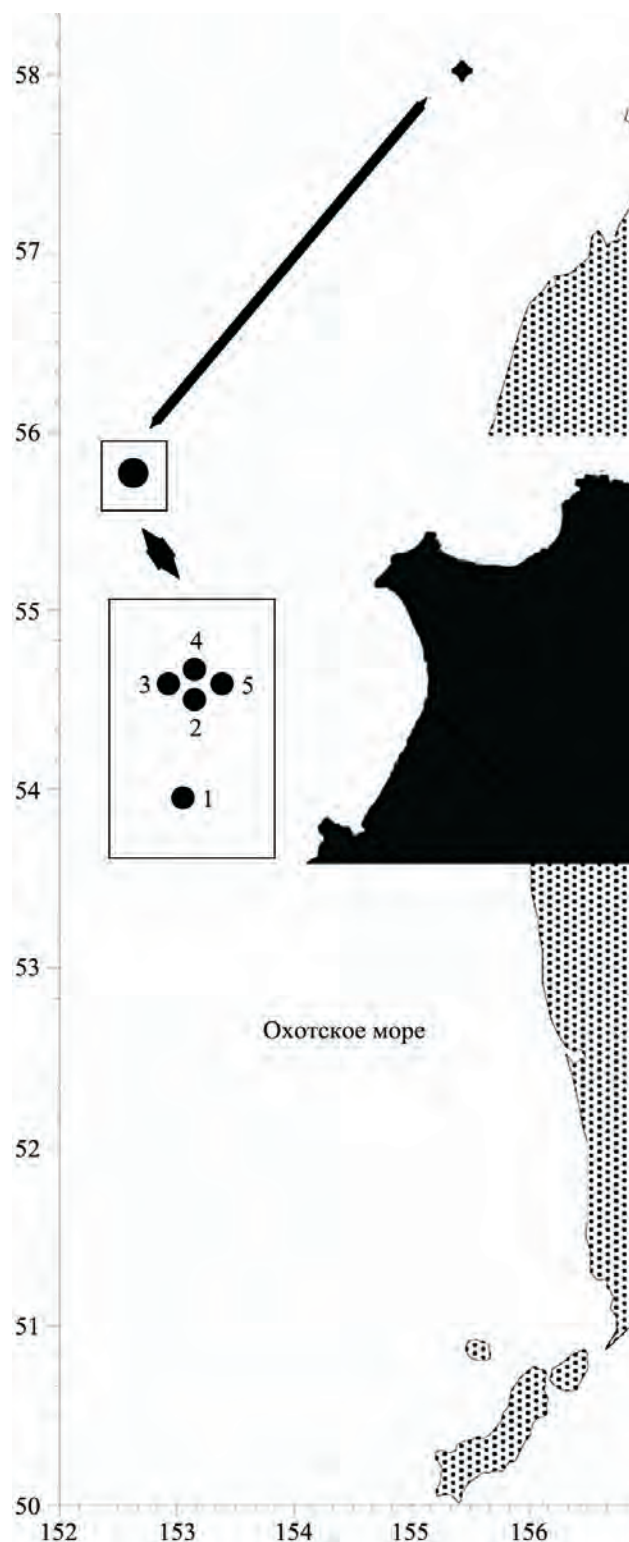


Рис. 1. Схема расположения фитопланктонных станций в северной части западнокамчатского шельфа летом 2008 г.

Таблица 1. Координаты фитопланктонных станций в северной части западнокамчатского шельфа летом 2008 г.

Станция	Долгота	Широта
1	155,4300	58,0091
2	155,4313	58,0178
3	155,4287	58,0191
4	155,4312	58,0205
5	155,4338	58,0192

2006; Round et al., 1990). Распределение водорослей по классам проведено согласно системе, принятой в «Ботаника» (Белякова и др., 2006а, 2006б). Определение проводили в световом микроскопе “Olympus” при увеличении  $\times 1500$ .

Количественный учет (определение численности) каждой таксономической группы проводили в натуральной пробе в камере Науманна объемом 1 мл при увеличении  $\times 150$ . Биомассу фитопланкто-

на рассчитывали как сумму биомасс отдельных таксономических (размерных) групп, используя значения их клеточных объемов (табл. 2).

Численность и биомассу фитопланктона для каждой станции рассчитывали как средневзвешенное значение в толще воды от поверхности до дна.

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

Таблица 2. Таксономический состав планктонных водорослей локального полигона северной части западнокамчатского шельфа летом 2008 г. и средние клеточные объемы

№	Таксон	Сроки			V, $\mu\text{m}^3$
		Конец мая	Середина июня	Конец августа	
1	2	3	4	5	6
<b>Отдел Ochrophyta</b>		<b>Класс Bacillariophyceae</b>			
1	<i>Asterionellopsis kariana</i> (Grunow) Round	+	–	–	975
2	<i>Attheya septentrionalis</i> (Ostr.) Crowford	–	+	–	113
3	<i>Bacterosira fragilis</i> Gran	+	–	–	5384
4	<i>Chaetoceros</i> cf. <i>affinis</i> (Laud.)	+	+	–	656
5	<i>Chaetoceros atlanticus</i> Cleve	+	+	–	6947
6	<i>Chaetoceros compressus</i> Laud.	+	+	–	3551
7	<i>Chaetoceros concavicornis</i> Mangin	+	+	–	7655
8	<i>Chaetoceros convolutus</i> Castr.	+	+	–	5747
9	<i>Chaetoceros</i> cf. <i>constrictus</i> Gran	+	–	–	9499
10	<i>Chaetoceros</i> cf. <i>crinitus</i> Schutt	–	+	–	2704
11	<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve	+	+	–	3818
12	<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve (споры)	+	+	–	3818
13	<i>Chaetoceros debilis</i> Cleve	+	+	–	3255
14	<i>Chaetoceros debilis</i> Cleve (споры)	+	+	–	3140
15	<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve	+	–	–	25 775
16	<i>Chaetoceros</i> cf. <i>densus</i> (Cleve) Cleve	+	–	–	3140
17	<i>Chaetoceros diadema</i> (Ehr.) Gran	+	+	–	3776
18	<i>Chaetoceros diadema</i> (Ehr.) Gran (споры)	+	+	–	3140
19	<i>Chaetoceros</i> cf. <i>fragilis</i> Meunier	–	+	–	353
20	<i>Chaetoceros furcellatus</i> Bailey emend. Peterson	+	+	–	785
21	<i>Chaetoceros furcellatus</i> Bailey emend. Peterson (споры)	+	+	+	785
22	<i>Chaetoceros</i> cf. <i>ingolfianus</i> Ostf.	+	–	–	1235
23	<i>Chaetoceros</i> cf. <i>karianus</i> Grunow	–	+	–	1809
24	<i>Chaetoceros lacinosus</i> Schutt	+	+	–	1570
25	<i>Chaetoceros lacinosus</i> Schutt (споры)	–	+	–	1570
26	<i>Chaetoceros</i> cf. <i>messanensis</i> Castr.	–	+	–	3768
27	<i>Chaetoceros mitra</i> (Bail.) Cleve	+	–	–	138 807
28	<i>Chaetoceros</i> cf. <i>paulsenii</i> Ostf.	+	+	–	754
29	<i>Chaetoceros pseudocrinitus</i> Ostf.	+	+	–	1615
30	<i>Chaetoceros pseudocrinitus</i> Ostf. (споры)	+	+	–	1615
31	<i>Chaetoceros socialis</i> Lauder	+	+	–	98
32	<i>Chaetoceros socialis</i> Lauder (споры)	+	+	–	98
33	<i>Chaetoceros</i> cf. <i>subtilis</i> Cleve	+	–	+	95
34	<i>Chaetoceros teres</i> Cleve	+	+	–	29 273
35	<i>Chaetoceros teres</i> Cleve (споры)	+	+	–	29 273
36	<i>Chaetoceros</i> cf. <i>vancheurckii</i> Gran	+	–	–	1200
37	<i>Chaetoceros</i> sp. (спора)	–	–	+	2000
38	<i>Corethron criophilum</i> Castr.	+	+	–	113 253
39	<i>Coscinodiscus oculus iridis</i> Ehr.	+	–	–	2 554 578
40	<i>Coscinodiscus</i> sp.	–	–	+	25 120
41	<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehr.) Lewin & Reimann	+	+	–	919
42	<i>Denticula</i> sp.	+	+	–	1299
43	<i>Detonula cofervaceae</i> (Cleve) Gran	+	–	–	1266
44	<i>Eucampia zoodiacus</i> Ehr.	+	+	–	7927
45	<i>Fragilariopsis oceanica</i> (Cleve) Hasle	+	+	–	513
46	<i>Gyrosigma fasciola</i> Ehr.	+	–	–	67 196
47	<i>Lauderia annulata</i> Cleve	+	–	–	14 857

## Окончание таблицы 2

№	Таксон	Сроки			V, $\mu\text{m}^3$
		Конец мая	Середина июня	Конец августа	
1	2	3	4	5	6
48	<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve	+	+	–	883
49	<i>Navicula directa</i> (W. Smith) Ralfs	+	+	–	27 115
50	<i>Navicula septentrionalis</i> (Grunow) Gran	+	–	–	55
51	<i>Navicula transitans</i> var. <i>derasa</i> (Grunow) Cleve	+	–	–	18 320
52	<i>Navicula transitans</i> var. <i>derasa</i> f. <i>delicatula</i> Heimdal	+	+	–	5020
53	<i>Odontella aurita</i> (Lyngb.) Agardh	+	–	+	41 197
54	<i>Paralia sulcata</i> (Ehr.) Cleve	+	–	–	2760
55	<i>Porosira glacialis</i> (Grun.) Jorg.	+	+	–	29 087
56	<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström	–	+	–	100 480
57	<i>Pseudo-nitzschia</i> cf. <i>seriata</i> (Cleve) Peragallo	+	+	–	1001
58	<i>Pseudo-nitzschia</i> cf. <i>pungens</i> (Grunow) Hasle	+	–	–	169
59	<i>Rhizosolenia hebetata</i> Gran	–	+	–	671 960
60	<i>Rhizosolenia hebetata</i> f. <i>semispina</i> (Hensen) Gran	+	–	–	686
61	<i>Skeletonema costatum</i> (Grev.) Cleve	+	–	–	863
62	<i>Tabellaria fenestrata</i> (Lyngb.) Kütz.	+	–	–	2943
63	<i>Thalassionema nitzschoides</i> (Grun.) Mereschkowsky	+	+	–	762
64	<i>Thalassiotrix longissima</i> Cleve & Grunow	–	+	–	125 600
65	<i>Thalassiosira anguste-lineata</i> (A. S.) Fryx. & Hasle	+	+	–	44 589
66	<i>Thalassiosira bioculata</i> (Grun.) Ostf.	+	–	–	11 864
67	<i>Thalassiosira bulbosa</i> Syversten	+	–	–	385
68	<i>Thalassiosira eccentrica</i> (Ehr.) Cleve	+	+	+	36 481
69	<i>Thalassiosira gravida</i> Cleve	+	+	–	13 945
70	<i>Thalassiosira gravida</i> Cleve (споры)	+	+	–	16 535
71	<i>Thalassiosira hyalina</i> Gran	+	–	+	22 621
72	<i>Thalassiosira nordensköldii</i>	+	+	–	3476
73	<i>Thalassiosira pacifica</i> Gran & Angst	–	+	–	3996
74	<i>Thalassiosira</i> cf. <i>pseudonana</i> Hasle & Heimdal	+	–	–	95
75	<i>Thalassiosira punctigera</i> (Castr.) Hasle	+	–	–	74 974
76	<i>Thalassiosira rotula</i> Meunier	+	+	–	5377
	<b>Класс Chrysophyceae</b>				
77	<i>Dinobryon</i> sp.	+	+	–	109
	<b>Класс Dictyochophyceae</b>				
78	<i>Distephanus speculum</i>	+	–	+	1766
	<b>Отдел Dinophyta</b>				
	<b>Класс Dinophyceae</b>				
79	<i>Ceratium fusus</i> (Ehr.) Dujard	–	–	+	340 200
80	<i>Ceratium longipes</i> (Bail.) Gran	+	–	+	313 802
81	<i>Gonyaulax spinifera</i> (Clap et. Lachm.) Diesing	–	–	+	22 631
82	<i>Gymnodinium</i> cf. <i>veneficum</i> Ballantine	–	–	+	543
83	<i>Gyrodinium spirale</i> (Bergh) Kof. & Sw.	+	+	–	56 636
84	<i>Heterocapsa triquetra</i> (Ehr.) Stein	–	+	–	2654
85	<i>Peridinium</i> sp. 1	+	–	–	104 009
86	<i>Peridinium</i> sp. 2	+	–	–	131 485
87	<i>Proto-peridinium grani</i> (Ostf.) Balech	+	–	–	41 861
88	<i>Proto-peridinium pallidum</i> (Ostf.) Balech	+	+	–	169 273
89	<i>Proto-peridinium</i> cf. <i>pallidum</i> (Ostf.) Balech (L=120 mkm)	+	–	–	262 987
90	<i>Proto-peridinium pellucidum</i> Bergh	+	+	+	24 367
91	<i>Proto-peridinium</i> cf. <i>pentagonum</i> (Gran) Balech	+	–	–	123 480
92	<i>Proto-peridinium</i> cf. <i>subinermis</i> (Pauls.) Loeblich	+	–	–	88 526
93	<i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) Balech	+	–	–	4600
	<b>Отдел Euglenophyta</b>				
	<b>Класс Euglenophyceae</b>				
94	<i>Eutreptia</i> cf. <i>lanowii</i> Steuer	+	–	–	29 493
	<b>Отдел Cryptophyta</b>				
	<b>Класс Cryptophyceae</b>				
95	<i>Chroomonas</i> sp.	–	–	+	523
	<b>Отдел Prymnesiophyta (Haptophyta)</b>				
	<b>Класс Prymnesiophyceae</b>				
96	<i>Pontosphaera</i> sp.	+	+	–	2433
97	<i>Syracosphaera</i> sp.	–	–	+	3052

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

Температура воды в конце мая и начале июня измеряли только в поверхностном слое. В конце августа измерения проводили также в слое температурного скачка и у дна (табл. 3). Из данных, представленных в таблице 3, следует, что от начала к концу лета температура поверхности воды на всех станциях полигона увеличилась в 4 раза (в среднем от 2,4 °С до 8,6 °С). Степень прогрева уменьшалась с глубиной на всех станциях, о чем свидетельствует температура в слое температурного скачка и придонном, которые прогрелись до 2,3 и 1,0 °С соответственно.

Фитопланктон. В конце мая в планктоне было обнаружено 79 таксонов микроводорослей из 6 классов (табл. 2). Наибольшее видовое богатство (64 таксона) было характерно для класса диатомо-

вых (Bacillariophyceae), 11 таксонов были отнесены к классу динофитовых (Dinophyceae) и по 1 таксону — к классам золотистых (Chrysophyceae), диктиоховых (Dictyochophyceae), евгленовых (Euglenophyceae) и примнезиофитовых (Prymnesiophyceae). Общее количество таксонов на станциях полигона составляло от 38 (ст. 4) до 48 (ст. 2) и в среднем по акватории достигало 43, тогда как на контрольной станции 1, расположенной в километре от полигона, эта величина была минимальной (32 таксона).

Доминирующим по численности видом (50% и более) в эпипелагиали (слой от поверхности до температурного скачка, который располагался на глубине 25–30 (65) м) практически на всех станциях был *Chaetoceros furcellatus*. В поверхностном слое этот вид доминировал только на станциях 3 и 4, составляя 75 и 60% соответственно, а в слое термоклина на станции 3 — 52%. Однако на большинстве станций в слое температурного скачка (а в придонном — на всех станциях) выделить доминирующий вид не удалось, так как численность фитопланктона формировали 2–4 вида из родов *Chaetoceros* и *Thalassiosira*.

Таблица 3. Температура воды на исследованном полигоне летом 2008 г.

Дата	Горизонт	Станция				
		1	2	3	4	5
30–31.05	0 м	2,2	2,3	2,5	2,5	2,5
16.06	0 м	3,0	3,5	3,2	3,6	3,8
27–29.08	0 м	8,4	8,4	9,0	8,8	8,5
	Термоклин	2,6	1,9	1,8	2,2	2,8
	Придонный	0,9	1,0	1,1	1,2	1,0

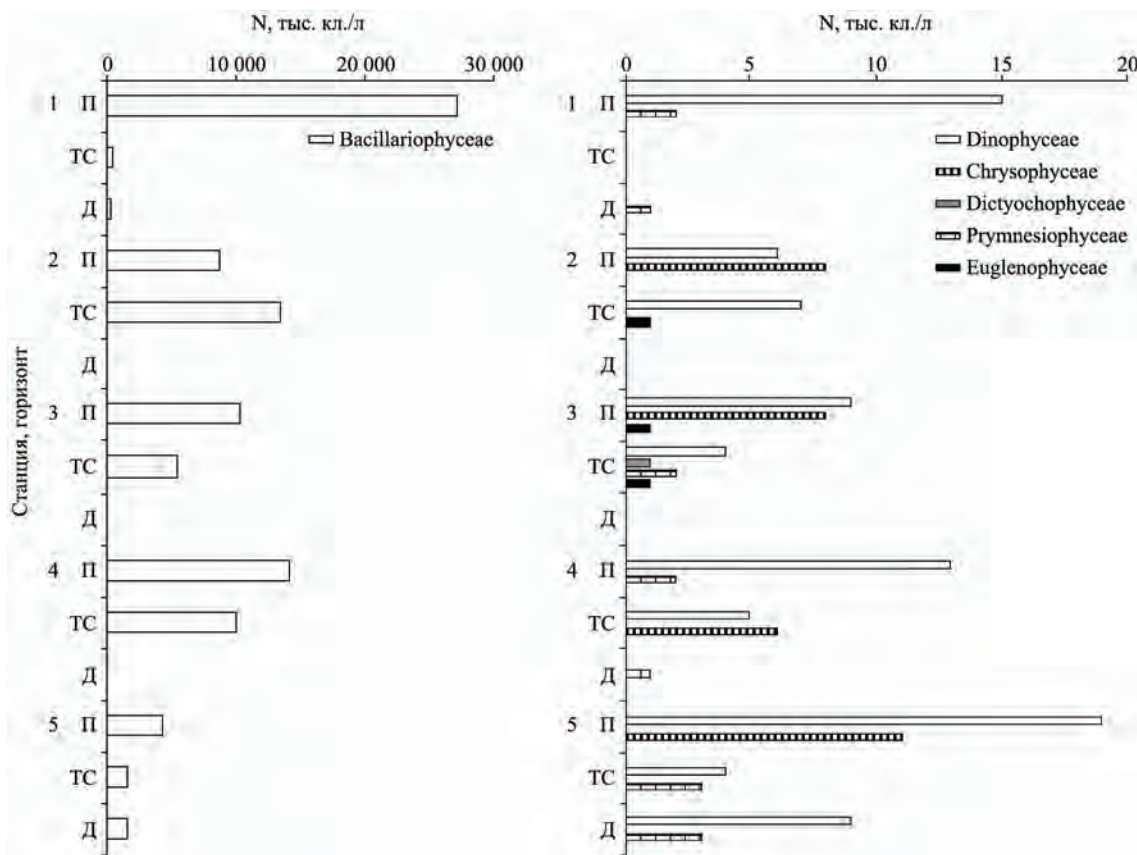


Рис. 2. Вертикальное распределение водорослей (N, тыс. кл./л) на исследованном полигоне западнокамчатского шельфа (см. рис. 1) в конце мая 2008 г. (П — поверхность; ТС — слой температурного скачка; Д — придонный слой)

Как правило, диатомовые и динофитовые концентрировались в слое от поверхности до температурного скачка (рис. 2), диктиоховые и примнезиофитовые предпочитали слой температурного скачка (25 м). Евгленовые, найденные лишь на двух станциях (ст. 2 и ст. 3), также предпочитали поверхностный водный слой, где отмечена самая низкая температура воды (2,2 и 2,3 °С). Золотистые водоросли обнаружены только в поверхностном горизонте.

Для вертикального распределения численности и биомассы фитопланктона характерно явно выраженное уменьшение их величин от поверхности ко дну (рис. 3).

Численность фитопланктона была максимальной (9261 тыс. кл./л) на станции 1 и немногим меньше на станциях 4 (8149 тыс. кл./л) и 2 (7426 тыс. кл./л). На станциях 3 (5294 тыс. кл./л) и 5 (2455 тыс. кл./л) она почти вдвое и вчетверо меньше. Численность фитопланктона формировали диатомовые, которые составляли 99,3–99,9% общего количества водорослей в планктоне.

Максимальная биомасса фитопланктона отмечена в северной (ст. 4) части полигона — 9677 мг/м<sup>3</sup>. В южной его части (ст. 2) и в контрольной точке (ст. 1) фитопланктонная биомасса была практически одинаковой — 8672 и 8433 мг/м<sup>3</sup> соответственно. В западной (ст. 3) и восточной (ст. 5) частях полигона значения фитопланктонной биомассы меньше средней по району (7502 мг/м<sup>3</sup>) и, соответственно, составляли 6319 и 5339 мг/м<sup>3</sup>.

В то же время в поверхностном слое воды на станции 1 зафиксирован сезонный максимум биомассы фитопланктона — 23,8 г/м<sup>3</sup>.

Диатомовые составляли от 83 до 96% биомассы фитопланктона, динофитовые — от 4 до 17%, при этом доля гетеротрофных (нефотосинтезирующие организмы) динофитовых варьировала от 59% (ст. 5) до 100% (ст. 3 и 4).

В конце мая у отдельных видов диатомовых из родов *Chaetoceros* и *Thalassiosira* начался процесс спорообразования. Опускаясь ко дну, клетки этих водорослей образовывали покоящиеся стадии — споры, которые составляли 7–36% (в среднем 24%) от общей численности диатомовых придонного слоя.

Таким образом, в конце мая численность и биомасса фитопланктона на исследованной акватории были чрезвычайно велики, что свойственно высокоширотным экваторным районам Мирового

океана в период весеннего «цветения». Водоросли концентрировались в слое «поверхность — слой температурного скачка» (0–25 (30, 65) м), где были оптимальные для фотосинтеза световые условия и, вероятно, достаточный запас биогенных элементов, накопившийся в осенне-зимний период. Распределение водорослей по акватории даже на столь небольшой площади имело пятнистый характер. Главными первичными продуцентами в это время были диатомовые водоросли, составлявшие 99,8% по численности и 84% по биомассе.

В середине июня в планктоне было обнаружено 54 таксона микроводорослей из 4 классов (табл. 3): 48 таксонов из класса диатомовых (*Bacillariophyceae*), 4 — из класса динофитовых (*Dinophyceae*), и по 1 — из классов золотистых (*Chrysothyceae*) и примнезиофитовых (*Prymnesiophyceae*). Общее количество таксонов на станциях варьировало от 25 (ст. 3) до 28–29 (ст. 4, 5 и 2) и в среднем по акватории было равно 28, ненамного отличаясь от этой характеристики на станции 1 (25 таксонов).

Доминирующим по численности видом (50% и более общей численности фитопланктона), как в поверхностном слое воды, так и в слое температурного скачка (35–40 м), практически на всех станциях был *Chaetoceros furcellatus*. В придонном

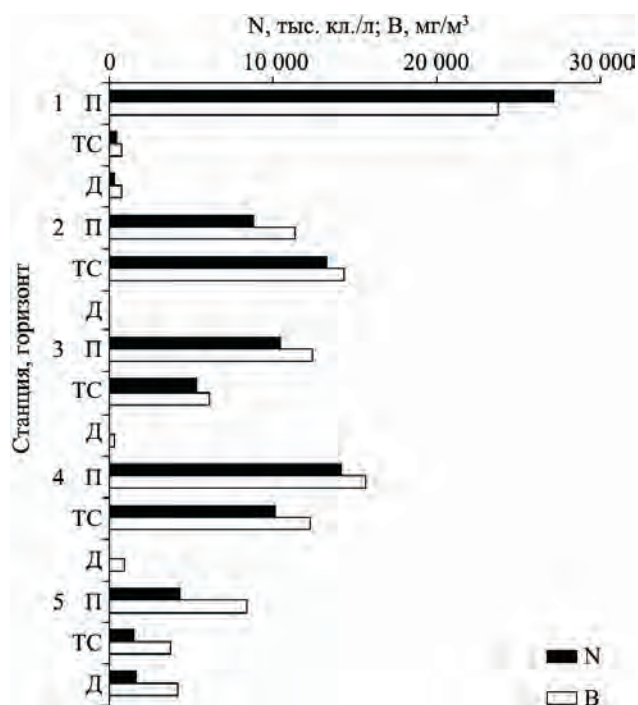


Рис. 3. Вертикальное распределение численности (N, тыс. кл./л) и биомассы (B, мг/м<sup>3</sup>) фитопланктона на исследованном полигоне западнокамчатского шельфа в конце мая 2008 г. (П — поверхность; ТС — слой температурного скачка; Д — придонный слой)

слое по численности также доминировал этот вид, но уже в виде спор.

По биомассе в поверхностном слое и в слое температурного скачка выделить доминирующие виды нельзя, т. к. биомассу фитопланктона на этих горизонтах формировали диатомовые шести видов рода *Chaetoceros* и *Corethron criophilum*. Дополнительно на станции 1 более 10% биомассы составляла *Proboscia alata*, на станции 2 — *Eucampia zoodiacus*, *Rhizosolenia hebetata*, *Thalassiosira anguste-lineata*, на станции 3 — *Thalassiosira rotula*, *Thalassiothrix cf. longissima*, на станции 4 — *Thalassiosira anguste-lineata*, на станции 5 — *Proboscia alata*, *Eucampia zoodiacus*. В придонном слое в западной части полигона (ст. 3) 53% фитопланктонной биомассы составлял *Chaetoceros curvisetus*. На остальных станциях биомассу фитопланктона формировали 2–4 вида из родов *Chaetoceros*, а также *Corethron criophilum*, и *Thalassiosira anguste-lineata*.

На всех станциях полигона диатомовые водоросли обитали в толще воды от поверхности до дна (рис. 4), однако, как правило, их численность уменьшалась от нулевого горизонта к придонному слою.

Динофитовые и примнезиофитовые были сконцентрированы в поверхностном водном слое и единично отмечены в слое температурного скачка 35 и 40 м соответственно. Золотистые водоросли *Dinobryon* sp. обнаружены только в южной части полигона (ст. 2) в слое температурного скачка (40 м).

Для вертикального распределения численности и биомассы фитопланктона было характерно явно выраженное уменьшение их величин от поверхности ко дну (рис. 5). Но на станции 1, вероятно, начался процесс осадения водорослей в придонный слой, который обычно наблюдается в конце цветения.

Численность фитопланктона примерно одинаковая, как на ст. 1 (1011 тыс. кл./л), так и в южной и восточной точках полигона (1165 и 1247 тыс. кл./л соответственно), на станциях в западной и северной частях полигона была несколько ниже (919 и 912 тыс. кл./л соответственно). Численность фитопланктона формировали диатомовые, которые составляли 99,3–100% от общего количества водорослей в планктоне.

Биомасса фитопланктона на станциях 2–5 варьировала незначительно (от 1900 мг/м<sup>3</sup> в западной

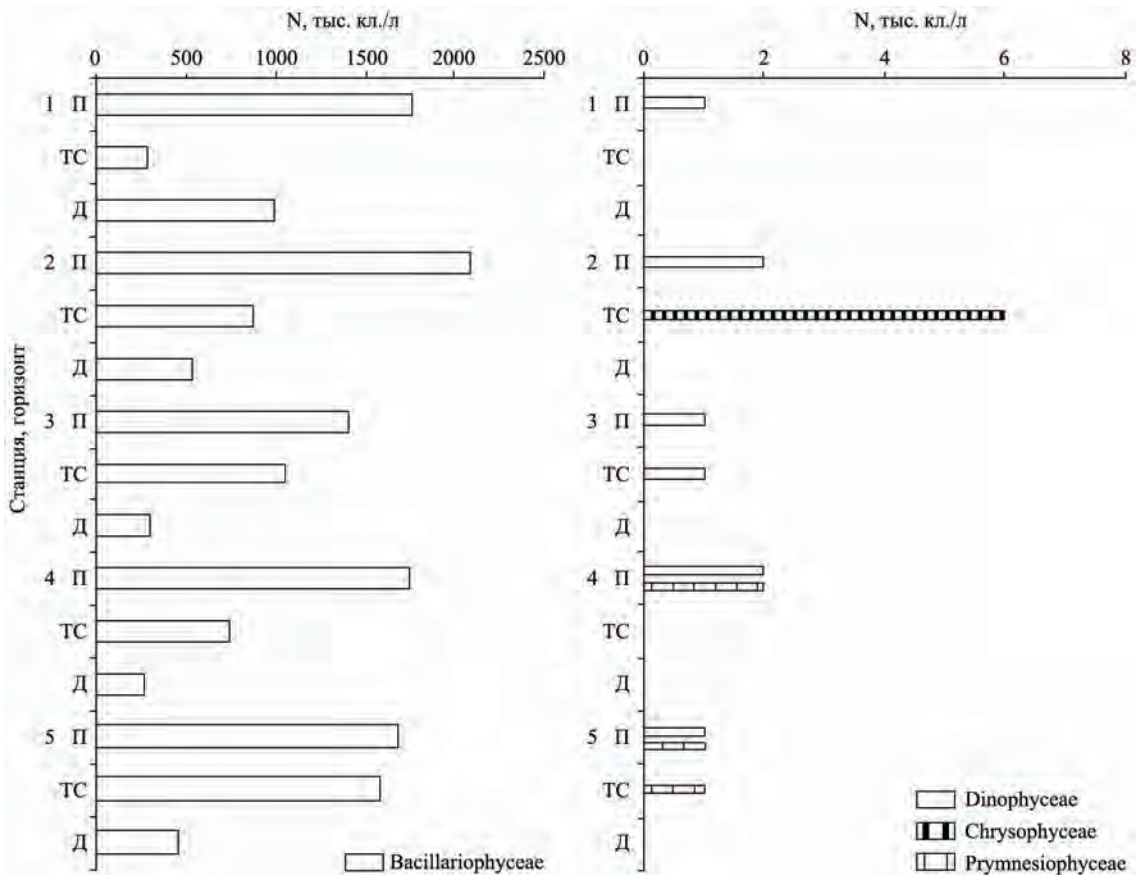


Рис. 4. Вертикальное распределение водорослей (N, тыс. кл./л) на исследованном полигоне западнокамчатского шельфа в середине июня 2008 г. (П — поверхность; ТС — слой температурного скачка; Д — придонный слой)

части (ст. 3) полигона до 2715 мг/м<sup>3</sup> в южной его части (ст. 2)), составляя в среднем для акватории 2214 мг/м<sup>3</sup>, и была сравнимой с величиной биомассы фитопланктона на станции 1 (2001 мг/м<sup>3</sup>).

Диатомовые составляли от 94 до 99% биомассы фитопланктона. Среди немногочисленных динофитовых доля гетеротрофных организмов составляла от 95% (ст. 2) до 100% на всех остальных станциях. Характерно, что автотроф *Heterocapsa triquetra* был отмечен на станции с максимальной для акватории температурой поверхности воды — 3,6 °С, тогда как в остальных точках, где *Heterocapsa* отсутствовала, температура поверхности воды составляла 2,8–3,5 °С. Этот факт может служить дополнительным подтверждением высокой чувствительности *Heterocapsa triquetra* к относительно небольшим колебаниям температуры воды (Лепская и др., 2009).

В середине июня у отдельных видов диатомовых из родов *Chaetoceros* интенсифицировался процесс спорообразования. Толщу воды от поверхности до дна заполнили споры *C. furcellatus*, *C. curvisetus*, *C. debilis*, *C. socialis*, на некоторых станциях были отмечены споры обычных, но не-

многочисленных видов *C. teres*, *C. diadema*, *C. pseudocrinitus*. Количество спор постепенно увеличивалось от поверхности через слой температурного скачка к придонному слою: 16, 26, 68% численности диатомовых соответственно.

Таким образом, в середине июня видовой состав, численность и биомасса фитопланктона на всех станциях исследованной акватории различались мало. Диатомовые распределялись в слое воды от поверхности до дна, концентрируясь в эпипелагиали (поверхность, температурный скачок). Представители остальных классов обитали исключительно в верхних слоях воды. Распределение водорослей по акватории было довольно равномерным. Главные первичные продуценты в это время — диатомовые водоросли, составляли 99,9% по численности и 95% по биомассе. Динофитовые были представлены практически одними гетеротрофами.

В конце августа 2008 г. в планктоне обнаружено 15 таксонов микроводорослей из пяти классов (табл. 3): 7 таксонов из класса диатомовых (Bacillariophyceae), 5 — из класса динофитовых (Dinophyceae), и по 1 — из классов диктиоховых (Dictyochophyceae), криптофитовых (Cryptophyceae) и примнезиофитовых (Prymnesiophyceae). Общее количество таксонов на станциях варьировало от 5 (ст. 5) до 7 (ст. 2, 3) и 9 (ст. 4), и в среднем по акватории было равно 7, тогда как на станции 1 отмечено минимальное количество видов (2). Столь слабая видовая насыщенность на всей тестируемой акватории указывает на окончание вегетации фитопланктона.

Доминирующий по численности (50% и более) вид в поверхностном слое воды *Chroomonas* sp. из криптофитовых можно было выделить в северной (ст. 4) и восточной (ст. 5) частях полигона, а также на контрольной станции 1. В слое температурного скачка (40 м) в первом и втором случаях также доминировал *Chroomonas* sp., а на станции 1 — споры диатомовой *Chaetoceros furcellatus*. В придонном слое на станциях 2, 3, 4 и 5 также доминировали споры *Chaetoceros furcellatus*, а на станции 1 — диатомея *Odontella aurita*. По биомассе в поверхностном слое доминировали автотрофные динофитовые рода *Ceratium*. В северной части (ст. 4) полигона — это *Ceratium longipes*, а в восточной (ст. 5), южной (ст. 2) и западной (ст. 3) — *Ceratium fusus*. В слое температурного скачка доминировали споры *Chaetoceros furcellatus* (ст. 2,

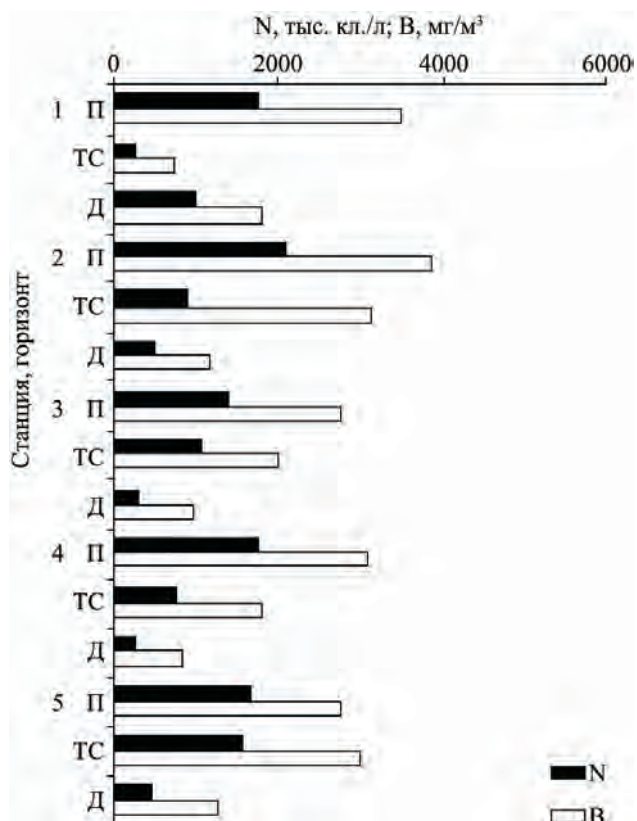


Рис. 5. Вертикальное распределение численности (N, тыс. кл./л) и биомассы (B, мг/м<sup>3</sup>) фитопланктона на исследованном полигоне западнокамчатского шельфа в середине июня 2008 г. (П — поверхность; ТС — слой температурного скачка; Д — придонный слой)



5), а в придонном слое — также споры *Chaetoceros furcellatus*, но только в южной (ст. 2) и западной (ст. 3) частях полигона. На станции 1 в придонном слое доминировала *Odontella aurita*. Во всех остальных случаях численность и биомассу фитопланктона в равной степени формировали несколько видов.

В конце августа на всех станциях полигона диатомовые водоросли, представленные в основном спорами *Chaetoceros furcellatus* и, вероятно, планктоно-бентическими видами *Coscinodiscus* sp. и *Odontella aurita*, концентрировались в придонном слое. Представители остальных классов предпочитали верхний сорокаметровый слой воды. На станции 1 немногочисленные диатомовые и криптофитовые распределялись в толще воды относительно равномерно (рис. 6, А).

Для вертикального распределения численности и биомассы фитопланктона в конце августа характерна противофазность (рис. 6, Б). То есть численность увеличивалась от поверхности ко дну за счет придонных скоплений мелких спор *Chaetoceros furcellatus*, а биомасса была максимальной

в поверхностном слое из-за немногочисленного, но очень крупного *Ceratium*.

Численность фитопланктона, минимальная на станции 1 (2 тыс. кл./л), на других станциях полигона варьировала от 4 (ст. 2) до 32 (ст. 3) тыс. кл./л, в среднем для акватории составляя 14 тыс. кл./л. В северной (ст. 4) и восточной (ст. 5) частях полигона численность фитопланктона отличалась незначительно — 18 и 15 тыс. кл./л соответственно. По численности на всех станциях, кроме 4-й, доминировали диатомовые (50–85%). В северной части полигона численно преобладали криптофитовые (72%).

Биомасса фитопланктона, минимальная (26 мг/м<sup>3</sup>) на станции 1, на других станциях полигона была в 5–10 раз выше и в среднем по акватории составляла 190 мг/м<sup>3</sup>. При этом в южной части полигона отмечено наибольшее (267 мг/м<sup>3</sup>) ее значение, а в восточном (134 мг/м<sup>3</sup>), северном (170 мг/м<sup>3</sup>) и западном (190 мг/м<sup>3</sup>) направлениях — незначительное убывание.

Диатомовые формировали фитопланктонную биомассу только на ст. 1, составляя 98%. На дру-

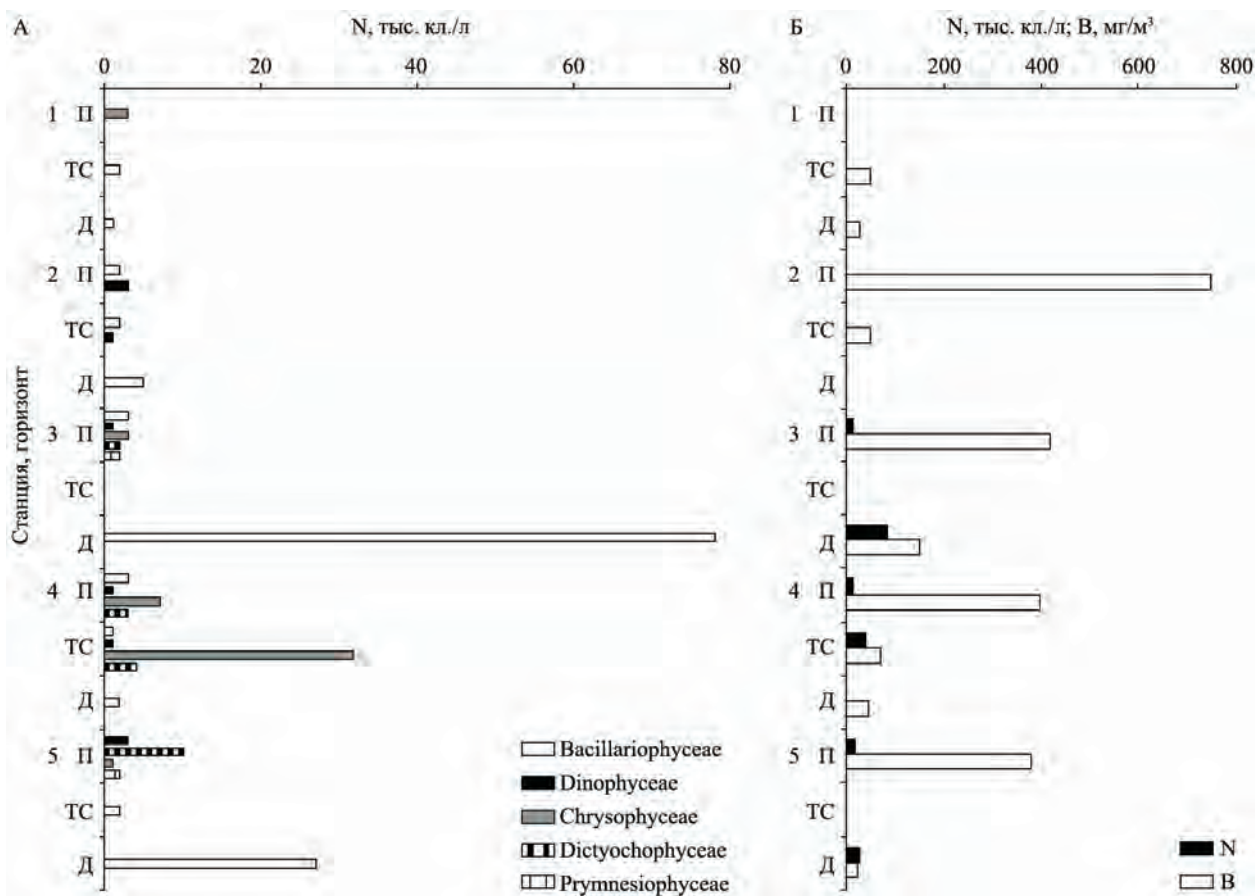


Рис. 6. Вертикальное распределение водорослей обнаруженных классов (N, тыс. кл./л) (А); а также численности (N, тыс. кл./л) и биомассы (B, мг/м<sup>3</sup>) фитопланктона на исследованном полигоне западнокамчатского шельфа в конце августа 2008 г. (Б). (П — поверхность; ТС — слой температурного скачка; Д — придонный слой)

гих станциях полигона фитопланктонную биомассу формировали автотрофные динофитовые *Ceratium* и *Gonyaulax*. Гетеротрофные организмы (*Protoperdinium*) были встречены в восточной части района и составляли 7% биомассы динофитовых.

В конце августа развитие планктонных водорослей прекратилось, и образовавшиеся ранее споры *Chaetoceros furcellatus* скопились, главным образом, в придонном слое. Таким образом, в конце августа было отмечено сезонное уменьшение видового богатства, численности и биомассы фитопланктона. На станции 1 эти показатели характеризовались минимальными величинами по сравнению с другими станциями полигона. Диатомовые концентрировались в придонном слое. Динофитовые обитали исключительно в верхних слоях воды. Распределение водорослей по акватории было более равномерным, чем в конце весны. Динофитовые представлены практически одними автотрофами.

Мониторинг акватории полигона охватил сезон вегетации планктонных водорослей. В конце мая, в период весеннего «цветения», видовое богатство было максимально, а численность и биомасса фитопланктона чрезвычайно велики. Это неудивительно, так как район залива Шелихова входит в число высокоширотных эвтрофных зон Мирового океана (Биология океана, 1977). К особенностям данного периода следует отнести: 1) планктонные водоросли сконцентрированы в слое «поверхность – слой температурного скачка» (0–25 (30, 65) м); 2) распределение водорослей по акватории даже на столь небольшой площади носит пятнистый характер. Последнее обстоятельство следует учитывать, если мониторинг ограничится именно этим периодом. Диатомовые водоросли составляли 99,8% по численности и 84% по биомассе, 83% динофитовых относились к гетеротрофам.

В середине июня цветение фитопланктона пошло на убыль. В течение двух недель, с момента первой съемки в конце мая, 1) уменьшилось видовое богатство фитопланктона; 2) изменилось распределение водорослей в столбе воды: диатомовые распределялись в слое воды от поверхности до дна, остальные обитали преимущественно в верхних слоях воды; 3) распределение водорослей по акватории стало более равномерным. Диатомовые водоросли активно образовывали споры и составля-

ли 99,9% по численности и 95% по биомассе. Динофитовые были представлены практически одними гетеротрофами.

В конце августа отмечены сезонные минимумы видового богатства, численности и биомассы фитопланктона. В это время: 1) диатомовые концентрировались в придонном слое; 2) динофитовые обитали исключительно в верхних слоях воды и были представлены практически одними автотрофами; 3) распределение водорослей по акватории было равномерным.

Видовое богатство одинаково изменялось на всех станциях полигона, уменьшаясь от начала к концу лета (рис. 7). Биомасса фитопланктона изменялась сходным образом на всех станциях, уменьшаясь от начала к концу лета (рис. 8). Это естественный процесс, обусловленный сезонными особенностями развития фитопланктонных сообществ как морских, так и пресных водоемов бореальной зоны (Лепская и др., 2008; Lepskaya et al., 2008).

Похожие оценки состояния фитопланктона в Хариузовском районе (акватория, близкая к полигону, исследованному в 2008 г.) дает А.П. Кусморская (1940) по результатам исследования планктона в сетных пробах, отобранных в конце авгу-

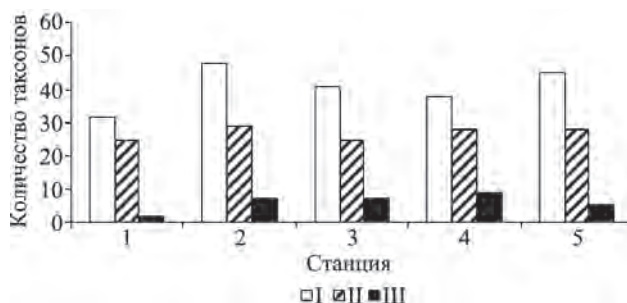


Рис. 7. Сезонная динамика видового богатства, оцененного по количеству таксонов микроводорослей на исследованном полигоне западнокамчатского шельфа летом 2008 г. (I — конец мая, II — середина июня, III — конец августа)

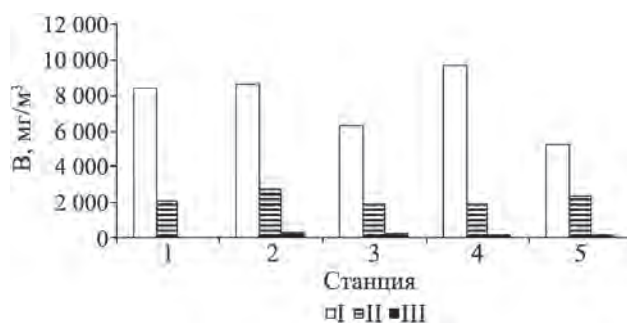


Рис. 8. Сезонная динамика биомассы фитопланктона на исследованном полигоне западнокамчатского шельфа летом 2008 г. (I — конец мая, II — середина июня, III — конец августа)

ста 1935 г. Согласно ее данным, биомасса фитопланктона в этом районе составляла немногим более 191 мг/м<sup>3</sup>. При этом на прибрежных станциях встречались диатомовые, в основном *Coscinodiscus*, а мористее — «исключительно перидиниевые, главным образом многочисленные виды рода *Ceratium* и *Peridinium*. Планктическая сетка из газа № 38 приносила до 10 000 экз. *Ceratium* на 1 м<sup>3</sup>...» (Кусморская, 1940, с. 160).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование фитопланктонного сообщества западнокамчатского шельфа летом 2008 г. было проведено на локальном участке акватории и охватило практически все весенне-летние стадии развития планктонных водорослей, начиная с их весеннего максимума во время «цветения» в конце мая и до сезонного минимума в конце августа.

Всего в планктоне обнаружено 97 видовых и внутривидовых таксонов микроводорослей, относящихся к семи классам. Из них 76 — диатомовые (*Bacillariophyceae*), 15 — динофитовые (*Dinophyceae*), 1 — диктиоховые (*Dictyochophyceae*), 1 — золотистые (*Chrysophyceae*), 1 — евгленовые (*Euglenophyceae*), 1 — криптофитовые (*Struthiophyceae*), 2 — примнезиофитовые (*Prymnesiophyceae*).

В конце весны (период «цветения») планктонные водоросли были сконцентрированы в эпипелагиали, к середине лета — в слое температурного скачка, а в конце лета — в придонном слое.

Численность и биомасса фитопланктона колебались в широких пределах: от 1 до 10<sup>7</sup> кл./л и от 0,01 до 20 000 мг/м<sup>3</sup> соответственно. Максимальные их значения были характерны для высокопродуктивных высокоширотных районов Мирового океана, к которым можно отнести и зал. Шелихова.

Показатели, характеризующие состояние фитопланктона (видовое богатство, численность и биомасса), изменялись одинаково на всех станциях полигона, уменьшаясь от начала к концу летнего (вегетационного) периода, подчиняясь естественной сезонной динамике в альгоценозах морских бореальных экосистем.

Неравномерность распределения микроводорослей по локальной акватории нужно обязательно учитывать при мониторинге западнокамчатского шельфа в процессе освоения нефтегазоносных месторождений на этом участке.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Белякова Г.А., Дьяков Ю.Т., Тарасов К.А.* 2006а. Ботаника: в 4 т. Т. 1. Водоросли и грибы. М.: Издательский центр «Академия». 320 с.
- Белякова Г.А., Дьяков Ю.Т., Тарасов К.А.* 2006б. Ботаника: в 4 т. Т. 2. Водоросли и грибы. М.: Издательский центр «Академия». 320 с.
- Биология океана. 1977. Т. 1. Биологическая структура океана (Ред. М.Е. Виноградова). М.: Наука. 399 с.
- Вентцель М.В.* 1997. Фитопланктон Охотского моря зимой и в начале весны 1990 г. Комплексные исследования экосистемы Охотского моря. М.: Изд-во ВНИРО. С. 205–210.
- Диатомовые водоросли России и сопредельных стран: Ископаемые и современные. 2002. СПб.: Изд-во С.-Пб. ун-та. Т. II (3). 112 с.
- Диатомовые водоросли России и сопредельных стран: Ископаемые и современные. 2006. СПб.: Изд-во С.-Пб. ун-та. Т. II (4). 180 с.
- Коновалова Г.В.* 1998. Динофлагелляты (Dinophyta) дальневосточных морей России и сопредельных акваторий Тихого океана. Владивосток: Дальнаука. 300 с.
- Коновалова Г.В., Орлова Т.Ю., Паутова Л.А.* 1989. Атлас планктона Японского моря. Л.: Наука. 160 с.
- Кузьмина А.И.* 1959. Некоторые данные о весенне-летнем фитопланктоне Северо-Курильского района // Тр. Ин-та океанологии. Т. XXXVI. С. 215–229.
- Кузьмина А.И.* 1962. Фитопланктон Курильских проливов как показатель различных водных масс // Исслед. дальневосточных морей России. Вып. VIII. С. 6–90.
- 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.* 2008. Потенциально токсичные и токсичные микроводоросли в планктоне юго-западного участка побережья Камчатки // Современное состояние водных биоресурсов: Матер. науч. конф., посвящ. 70-летию С.М. Коновалова. Владивосток: ТИНРО-Центр. С. 578–581.
- Лепская Е.В., Коломейцев В.В., Шагинян А.Э., Зачный 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.
- Мещерякова И.М.* 1959. О планктоне Охотского моря вблизи Юго-Западной Камчатки // Известия ТИНРО. Т. XLVII. С. 36–49.
- Орлова Т.Ю., Селина М.С., Стоник И.В.* 2004. Видовой состав микроводорослей планктона охотоморского побережья острова Сахалин // Биол. моря. Т. 30. № 2. С. 96–104.
- Руководство по определению фитопланктона Охотского моря. 1990. Владивосток: ТИНРО. 46 с.
- 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, 20<sup>th</sup> International Diatom Symposium (7–13 September 2008, Dubrovnik, Croatia). P. 176.
- Round F.E., Crawford R.M., Mann D.G.* 1990. The Diatoms. Cambridge University Press. 747 p.