

УДК 581.526.325:551.46(265.53)

**ФИТОПЛАНКТОН У ЮГО-ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КАМЧАТКИ
В СЕРЕДИНЕ ЛЕТА 2007 Г.****Е. В. Лепская, В. В. Коломейцев, О. Б. Тепнин, М. В. Коваль**Вед. н. с., м. н. с., зав. лаб., зав. отд., Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
683000 Петропавловск-Камчатский, Набережная, 18

Тел., факс: (415-2) 41-27-01; (415-22) 9-44-30

E-mail: lepskaya.e.v@kamniro.ru, brovasty@mail.ru, tepnin@kamniro.ru, koval.m.v@kamniro.ru

ФИТОПЛАНКТОН, ОХОТСКОЕ МОРЕ, ЮГО-ЗАПАДНОЕ ПОБЕРЕЖЬЕ КАМЧАТКИ

Дана оценка состояния фитопланктонного сообщества прибрежной акватории Охотского моря у юго-западного берега Камчатки по результатам обработки проб из поверхностного слоя воды и водной толщи, отобранных разными орудиями лова, в рейсах «МРТК-316» и НИС «Профессор Кагановский» в конце июня – июле 2007 г. Приведен таксономический состав планктонных водорослей. Обсуждается их распределение по акватории в поверхностном слое воды и ее толще. Показаны присутствие потенциально токсичной динофитовой из комплекса *Alexandrium tamarense* и ее тесная приуроченность к наиболее прогретым участкам акватории. Дана оценка численности и биомассы водорослей по классам. Установлено, что диатомовые водоросли доминировали в планктоне как по численности, так и по биомассе. На втором месте по видовому богатству и степени развития стояли динофитовые, среди которых в 2007 г. численно и по биомассе преобладали автотрофные таксоны.

**THE MIDSUMMER PHYTOPLANKTON ON THE SOUTH-WEST COAST
OF KAMCHATKA IN 2007****E. V. Lepskaya, V. V. Kolomeytsev, O. B. Tepnin, M. V. Koval**Leader scientist, junior scientist, head of the laboratory, head of the section, Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography
683000 Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberejnaya, 18

Tel., fax: (415-2) 41-27-01; (415-22) 9-44-30

E-mail: lepskaya.e.v@kamniro.ru, brovasty@mail.ru, tepnin@kamniro.ru, koval.m.v@kamniro.ru

PHYTOPLANKTON, THE OKHOTSK SEA, SOUTH-WEST COAST OF KAMCHATKA

Estimation of the state of the Okhotsk Sea coastal phytoplankton community on the south-west coast of Kamchatka is provided on the results of analysis of water surface and column samples collected by various sampling gears in the expeditions of “MRTK-316” and R/V “Professor Kaganovsky” in late June and early July of 2007. Systematic composition and distribution of the plankton algae in the water surface and column is provided. Occurrence of potentially toxic dinofyete algae from the *Alexandrium tamarense* complex and its close connection to the most warm plots of water is demonstrated. Assessment of the algaic abundance and biomass is made by classes. Diatom algae are found dominating in the plankton as in the abundance, as in the biomass. Dinofyete algae, under the dominance of their autotrophic taxons in 2007 in the abundance and biomass, are found as second in general development and diversity of species after diatoms.

Рассматриваемый в данной работе юго-западный участок камчатского охотоморского побережья — акватория с глубинами менее 50 м (Волков, Ефимкин, 2002), условно ограниченная устьями рек Озерная на юге (51°25′) и Большая на севере (52°50′ и выше) — это район, куда ежегодно в летний период скатывается и проводит 1–7 мес. молодь тихоокеанских лососей (Ерохин, 2002). Здесь же проходят основные пути преданадромной миграции этих рыб. Данная акватория также плотно заселена молодь других ценных промысловых рыб, среди которых наиболее обильны камбалы, мойва и минтай. Отдельные скопления в мелководье образуют песчанка и волосозуб (Коваль, 2007).

Высокая продуктивность этой сравнительно небольшой части охотоморской акватории опреде-

ляется уровнем развития первичных продуцентов в составе фитопланктонного сообщества, первые подробные исследования которого были проведены в 2004–2006 гг. (Лепская, 2008; Лепская и др., 2008). Было показано, что диатомовые (*Bacillariophyceae*) доминируют в планктоне по видовому богатству, численности и биомассе. Межгодовая смена доминирующих комплексов планктонных микроводорослей отражает внутригодовые сукцессии в фитопланктоне, которые, в большой степени, зависят от гидрологических условий. Впервые у юго-западного берега Камчатки отмечены токсичные и потенциально токсичные виды из родов *Alexandrium*, *Dinophysis*, *Noctiluca* (динофитовые) и *Pseudonitzschia seriata-complex* (диатомовые). Летом 2007 г. исследования фитопланктона

у юго-западного побережья Камчатки были продолжены с целью оценки состояния фитопланктона в этот период. Исходя из цели, были сформулированы следующие задачи:

1) охарактеризовать гидрологические условия (температура и соленость воды) в местах отбора фитопланктонных проб;

2) исследовать таксономический состав и видовую структуру планктонных микроводорослей и выявить токсичные виды и степень их развития;

3) охарактеризовать распределение фитопланктона и его составляющих по акватории;

4) оценить уровень развития автотрофных планктонных организмов по численности и биомассе.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В 2007 г. отбор проб фитопланктона в мелководной зоне у юго-западного побережья Камчатки проводили 25–29 июня на НИС «МРТК-316» и 8–18 июля во время работы НИС «Профессор Кагановский». В первом случае съемкой был охвачен район, ограниченный координатами $51^{\circ}18'–55^{\circ}09'$ (рис. 1), во втором — $51^{\circ}10'–53^{\circ}31'$ (рис. 2).

В конце июня пробы фитопланктона отбирали в условно поверхностном (0–0,3 м) слое воды пластиковым ведром, а слой 0 м – дно облавливали большой сетью Джеди, БДС (газ № 49 с размером ячеи 0,168 мм). В июле пробы отбирали батометром Нискина на разных горизонтах от поверхнос-

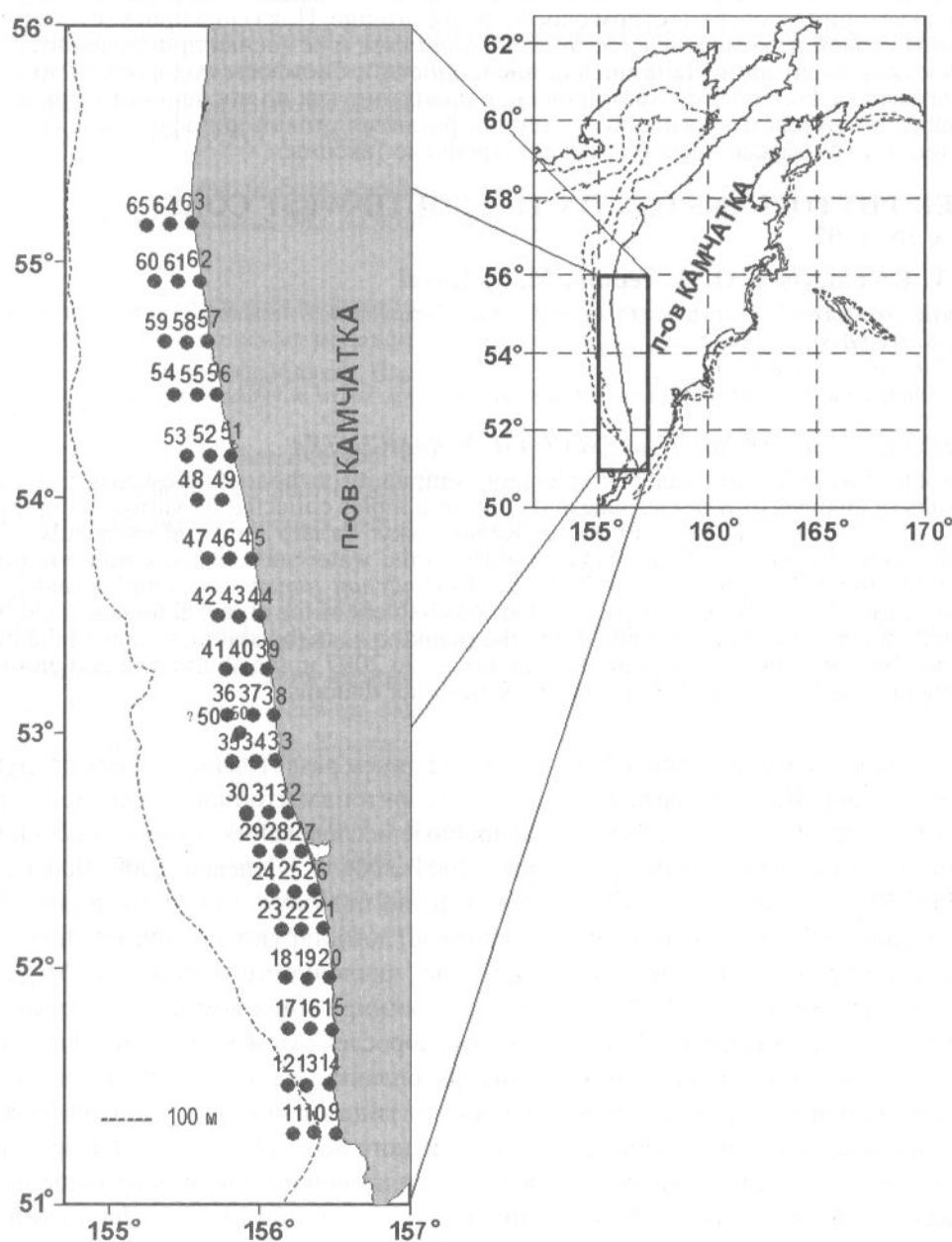


Рис. 1. Схема расположения фитопланктонных станций у юго-западного побережья Камчатки 25–29 июня 2007 г. (НИС «МРТК-316»)

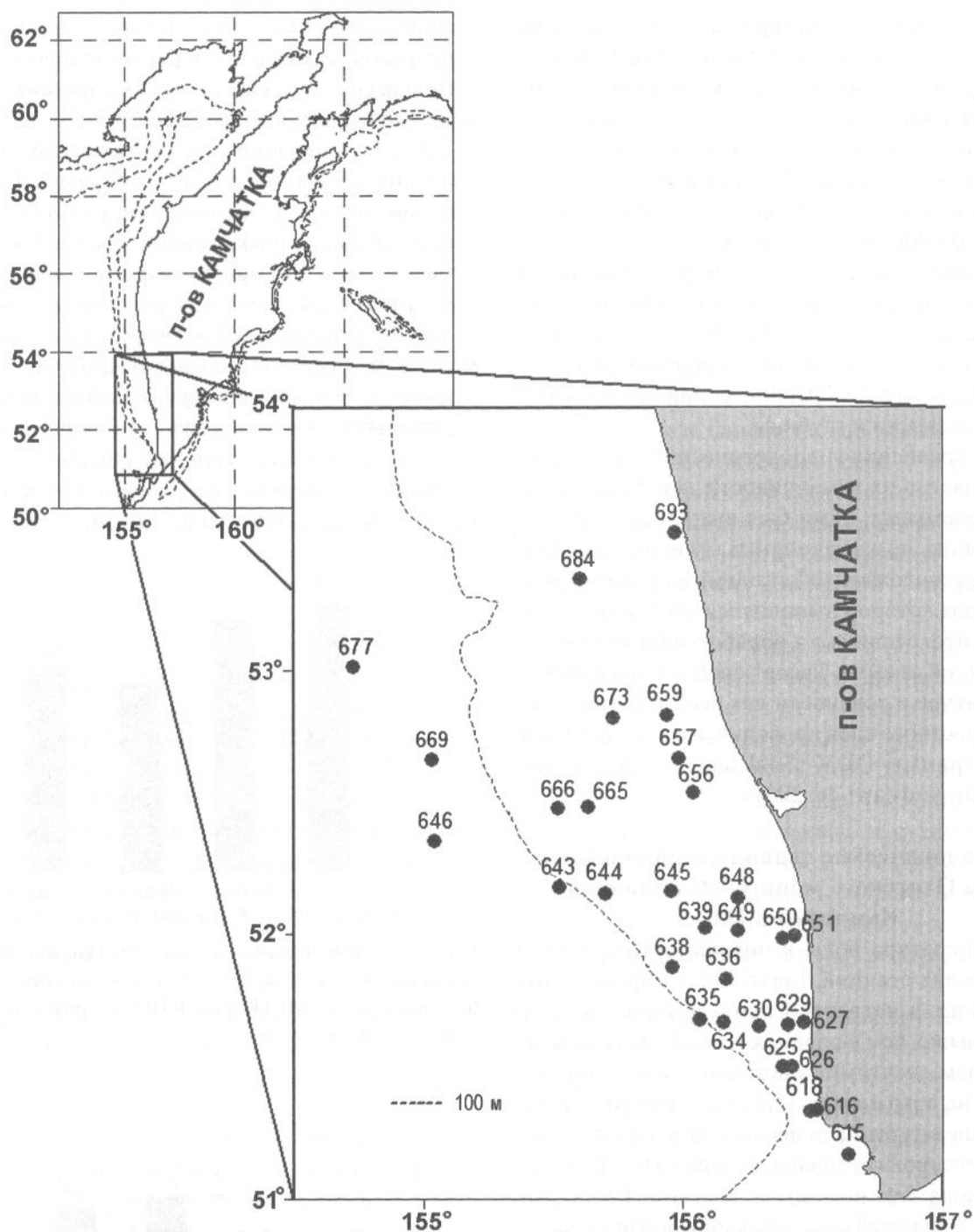


Рис. 2. Схема расположения фитопланктонных станций у юго-западного побережья Камчатки 8–18 июля 2007 г. (НИС «Профессор Кагановский»)

ти до 10 м и в придонном слое независимо от глубины на станции.

Для таксономической идентификации микроводорослей использовали определители и монографии отечественных и зарубежных авторов (Определитель, 1949; Коновалова, Орлова, Паутова, 1989; Руководство, 1990; Коновалова, 1998; Диатомовые водоросли..., 2002, 2006; Round, Crawford, Mann, 1990). Распределение водорослей по классам проводили согласно системе, принятой в «Ботаника»

(Белякова, Дьяков, Тарасов, 2006). Исследования проводили в световом микроскопе «Olympus» при увеличении $\times 1500$.

Количественный учет (определение численности) каждой таксономической группы проводили в камере Науманна объемом 1 мл при увеличении $\times 150$. Биомассу фитопланктона рассчитывали как сумму биомасс отдельных таксономических (размерных) групп, используя значения их клеточных объемов. Если внутривидовые вариации размеров

клеток были невелики или преобладали клетки одной размерной группы, то для расчета биомассы использовали усредненные значения клеточных объемов (Лепская, 2007). Всего в 2007 г. было отобрано и обработано 178 фитопланктонных проб (табл. 1).

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

Данные по температуре, электропроводности и давлению собирали при помощи гидрологического зонда SBE-19 plus (SeaBird Electronics) и обрабатывали прилагаемым программным обеспечением (SeaTerm и SBEDataProcessing-Win32), с расчетом солёности и глубины.

Для сравнения гидрологических характеристик и анализа их изменчивости за период между двумя съёмками, нами был выполнен отбор совпадающих по координатам (или максимально близко расположенных) станций, в пределах акватории, для которой выполнялся сбор фитопланктона. В итоге принято к обработке по 19 станций для каждой съёмки. Расчет средних значений по температуре и солёности для всей толщи воды и поверхностного слоя проводился с использованием программы ODV (Schlitzer R., Ocean Data View, <http://odv.awi.de>, 2007).

Гидрологические условия в прибрежной зоне Охотского моря у Юго-Западной Камчатки в 2007 г.

Температура воды в поверхностном слое в среднем для станций, где отбирали пробы фитопланктона, в четвертой пентаде июня была на $0,72^{\circ}\text{C}$ выше, чем в период с 8 по 18 июля (рис. 3). В верхнем десятиметровом слое описанная тенденция не сохранялась. Так, если средние значения температуры на поверхности и в слое 0–10 м в середине июля отличались лишь на $0,5^{\circ}\text{C}$, то для конца июня этот показатель достигал $1,59^{\circ}\text{C}$, что говорит о большей стратификации вод приповерхностного слоя в период первой съёмки и выравнивании вертикального профиля — при второй. Очевидно, что в большей степени этому способствовали динамические процессы — волновое и при-

ливное перемешивание. Данный вывод находит свое подтверждение и при рассмотрении средней температуры на более глубоких горизонтах и во всем исследованном слое вод (рис. 3).

На рис. 4 представлено соотношение средних значений солёности для тех же слоев. В целом картина соответствует выводам, сделанным при рассмотрении температурного режима. Меньший уровень солёности на поверхности в конце июня объясняется интенсивным береговым стоком и сильной стратификацией вод в пределах, по крайней мере, 10 м. К середине июля из-за интенсификации ветрового перемешивания произошло выравнивание вертикального профиля солёности. Увеличение средней в толще вод солёности за период между двумя съёмками незначительно ($0,09\text{‰}$) и может быть отнесено к погрешностям осреднения.

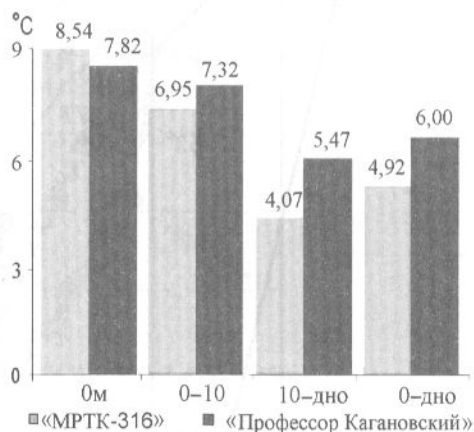


Рис. 3. Средние значения температуры воды на поверхности и в слоях 0–10 м, 10 м–дно и 0 м–дно в период проведения съёмок «МРТК-316» и НИС «Профессор Кагановский» летом 2007 г.

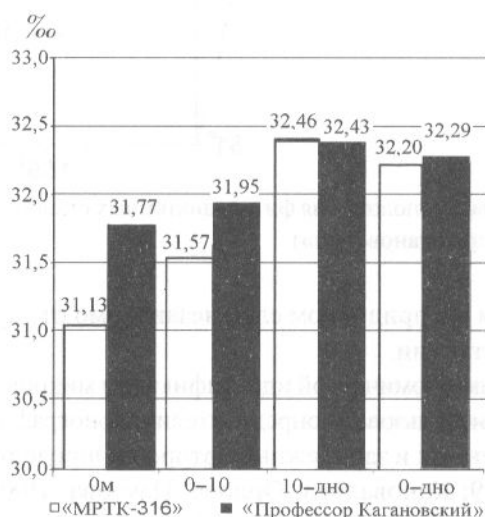


Рис. 4. Солёность воды на поверхности, в слоях 0–10 м, 10 м–дно и 0 м–дно, усредненная для станций отбора проб фитопланктона у юго-западного побережья Камчатки летом 2007 г.

Таблица 1. Объем гидробиологического материала, собранного в рейсах на НИС «МРТК-316» и «Профессор Кагановский» летом 2007 г.

Судно	«МРТК-316»	«Профессор Кагановский»
Поверхностный слой	65	—
Батометрические	—	56
БДС	57	—

Таксономический состав, видовое богатство, сезонная смена видовых комплексов планктонных водорослей

В конце июня – июле 2007 г. в планктоне было обнаружено 104 таксона микроводорослей, отнесенных к пяти классам (табл. 2; рис. 5, 6).

По видовому богатству и видовому разнообразию выделялся класс диатомовых (Bacillariophyceae) — 72 таксона. Второе место по числу обнаруженных таксонов занял класс динофитовых (Dinophyceae) — 28; 2 вида отнесено к классу евгленовых (Euglenophyceae), 1 — к классу золотистых (Chrysophyceae) и 1 — предположительно к зеленому водорослям (Chlorophyceae). Больше всего таксонов микроводорослей (64) идентифицировано в сетных пробах, вероятно, за счет большего числа крупных, живущих в толще воды или у дна, видов диатомовых, например, *Coscinodiscus*, *Navicula*, *Paralia*, или динофитовых *Ceratium* и *Noctiluca*.

При сравнении видового состава водорослей в пробах из поверхностного слоя воды, которые отбирали при обеих съемках, можно выявить некоторые временные изменения. Например, в конце июня – начале июля более разнообразно был представлен род *Thalassiosira*, тогда как в середине июля появились относительно более теплолюбивые виды *Chaetoceros*, *Bellerochea malleus* и представители типично пресноводной диатомовой флоры: *Aulacoseira* sp., *Cymatopleura solea*, *Cymbella cistula*, *Synedra* cf. *actinastroides*, *S. ulna*, *Tabellaria fenestrata*. Последние, вероятно, попали в прибрежье из речного выноса, тем более что на середину июля приходится массовое развитие этих видов в пресных водоемах.

Вертикальное распределение микроводорослей по материалам батометрической съемки на НИС «Профессор Кагановский»

Результаты сравнения данных по численности отдельных видов микроводорослей в 2005–2006 гг. показали, что, например, большинство автотрофных динофитовых, в том числе вредоносных, развиваются в поверхностном слое воды. Другие потенциально токсичные виды, например диатомовые комплекса *Pseudo-nitzschia*, распространены в толще воды (Лепская, 2008; Лепская и др., 2008). Однако эти заключения были сделаны при сопоставлении данных обработки проб, отобранных батометром и сетью. Разные методики сбора вызывали справедливые нарекания в правомочности такого сравнения. Данные по численно-

сти *Alexandrium* на разных горизонтах (при единой методике отбора проб батометром) позволили провести анализ вертикального распределения этого потенциально-токсичного комплекса микроводорослей.

При сравнении численности *Alexandrium* на разных горизонтах для станций, где пробы отбирали как в верхнем 10-метровом слое, так и у дна, установлено, что на пяти станциях из шести этот организм отмечен в слое 0–10 м (рис. 7). Отсюда можно заключить, что, по крайней мере для *Alexandrium*, вывод о том, что виды этого комплекса развиваются преимущественно в верхних слоях воды, сделанный на основании сравнения сетных и батометрических проб, — корректен.

Анализ данных для всех станций, где был обнаружен *Alexandrium*, показал наличие прямой зависимости численности этого таксона от температуры воды (рис. 8А) и обратной — от солености воды (рис. 8Б).

Таким образом, виды этого рода преимущественно развиваются в более прогретом верхнем 10-метровом слое. Та же тенденция была отмечена и при исследовании распределения *Alexandrium* в поверхностном слое воды по акватории, когда наибольшая численность этих микроводорослей отмечалась на станциях с наибольшим прогревом воды (Лепская, 2008). В случае с соленостью воды можно констатировать, что *Alexandrium* предпочитает участки с меньшей соленостью, причину этого еще предстоит объяснить.

Распределение по вертикали других таксонов водорослей можно проследить, выделив условно поверхностный слой (0–10 м) и более инерционный, менее подверженный перемешиванию слой от 10 м и глубже. Общая численность водорослей наиболее значимых классов — Bacillariophyceae и Dinophyceae — как в теплом слое 0–10 м, так и в нижележащем холодном (>10 м) характеризовалась величиной одного порядка (табл. 3).

Тем не менее, эти результаты не могут опровергнуть ранее сделанный вывод о большей численности водорослей в поверхностном слое по сравнению со всей водной толщей от 0 м до дна, из-за несоблюдения единой схемы сбора проб батометром в 2007 г.

Отметим, что на станции 618 (51°20') на глубине 26 м и на станции 625 (51°30') на глубине 14 м была обнаружена крупная коловратка *Keratella cruciformis*, житель пресных и солоноватоводных биотопов, в количестве 10 000 и 4000 особей/л, соответственно. На станции 626, расположенной на

Таблица 2. Перечень таксонов микроводорослей, обнаруженных в планктоне у юго-западного побережья Камчатки летом 2007 г. (I — НИС «МРТК-316»; II — НИС «Профессор Кагановский»)

№	Таксон	I			Таксон	I		
		0 м	0 м-дно	II		0 м	0 м-дно	II
1	2	3	4	5		3	4	5
Bacillariophyceae								
1	<i>Asterionellopsis kariana</i> (Grunow) Round	–	–	+	55 <i>Rhizosolenia setigera</i> Bright.	+	+	–
2	<i>Aulacoseira</i> sp.	+	+	+	56 <i>Rhizosolenia styliformis</i> Bright.	–	+	+
3	<i>Bellerocha malleus</i> (Bright.) Van Heurck	–	–	+	57 <i>Skeletonema costatum</i> (Grev.) Cleve	+	–	–
4	<i>Chaetoceros atlanticus</i> Cleve	+	–	+	58 <i>Stephanopyxis nipponica</i> Gran et Yendo	–	–	+
5	<i>Chaetoceros borealis</i> Bail.	–	–	+	59 <i>Synedra</i> cf. <i>actinastroides</i> Lemm.	–	–	+
6	<i>Chaetoceros compressus</i> Laud.	+	+	+	60 <i>Synedra ulna</i> (Nitzsch) Ehr.	–	–	+
7	<i>Chaetoceros</i> cf. <i>compressus</i> Laud.	–	+	–	61 <i>Tabellaria fenestrata</i> (Lyngb.) Kütz.	+	+	+
8	<i>Chaetoceros concavicornis</i> Mangin	+	+	+	62 <i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Hallegraeff	+	+	–
9	<i>Chaetoceros convolutus</i> Castr.	–	+	–	63 <i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow)	+	–	–
10	<i>Chaetoceros</i> cf. <i>convolutus</i> со сломанными щетинками	–	+	+	Mereschkowsky			
11	<i>Chaetoceros</i> cf. <i>crinitus</i> Schütt	+	+	–	64 <i>Thalassiothrix</i> sp.	–	+	–
12	<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve	+	+	–	65 <i>Thalassiosira anguste-lineata</i> (A. S.) Fryx. & Hasle	–	+	–
13	<i>Chaetoceros debilis</i> Cleve	+	+	+	66 <i>Thalassiosira eccentrica</i> (Ehr.) Cleve	+	–	–
14	<i>Chaetoceros debilis</i> Cleve (споры)	+	–	–	67 <i>Thalassiosira gravida</i> Cleve	+	+	+
15	<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve	+	+	+	68 <i>Thalassiosira hyalina</i> Gran	+	+	–
16	<i>Chaetoceros</i> cf. <i>decipiens</i> Cleve (с «воротничками») (рис. 5А)	–	+	–	69 <i>Thalassiosira nordenskoldii</i> Cleve	+	+	+
17	<i>Chaetoceros didymus</i> Ehr.	–	–	+	70 <i>Thalassiosira pacifica</i> Gran & Angst	+	+	+
18	<i>Chaetoceros diadema</i> (Ehr.) Gran	+	–	–	71 <i>Thalassiosira punctigera</i> (Castr.) Hasle	+	+	–
19	<i>Chaetoceros furcellatus</i> Bailey emend. Peterson	+	+	+	72 <i>Thalassiosira rotula</i> Meunier	–	–	–
20	<i>Chaetoceros</i> cf. <i>karianus</i> Grunow	+	–	–	Dinophyceae			
21	<i>Chaetoceros lacinosus</i> Schütt	+	+	+	73 <i>Alexandrium tamarense</i> (Lebour) Balech	+	+	+
22	<i>Chaetoceros mitra</i> (Bail.) Cleve	+	+	+	74 <i>Amphidinium</i> cf. <i>sphaenoides</i> Wulff	–	–	+
23	<i>Chaetoceros mitra</i> (Bail.) Cleve (спора)	–	–	+	75 <i>Ceratium fusus</i> (Ehr.) Dujard	+	–	–
24	<i>Chaetoceros pseudocrinitus</i> Ostf.	+	+	+	76 <i>Ceratium longipes</i> (Bail.) Gran	+	+	+
25	<i>Chaetoceros radicans</i> Schütt	–	+	–	77 <i>Ceratium</i> cf. <i>macroceros</i> (рис. 6А)	+	–	–
26	<i>Chaetoceros socialis</i> Lauder	+	–	+	78 <i>Ceratium</i> sp. (рис. 6Б)	+	–	–
27	<i>Chaetoceros</i> cf. <i>subtilis</i> Cleve	+	–	–	79 <i>Ceratium</i> sp.1 (рис. 6В)	+	–	–
28	<i>Chaetoceros teres</i> Cleve	+	–	+	80 <i>Dinophysis acuta</i> Ehr.	–	–	+
29	<i>Chaetoceros</i> sp. (Прямые цепочки, щетинки прочные, похож на <i>compressus</i> , 1 хроматофор) (рис. 5Б)	–	+	+	81 <i>Dinophysis norvegica</i> Clap et. Lachm.	+	+	+
30	<i>Chaetoceros</i> sp.-complex (рис. 5В, Г, Д)	+	+	+	82 <i>Dinophysis rotundata</i> Clap et. Lachm.	–	+	–
31	<i>Corethron criophilum</i> Castracane	–	–	+	83 <i>Dinophysis</i> sp. (рис. 6Г)	–	+	–
32	<i>Coscinodiscus asteromphalus</i> Ehr. >200 mkm	+	–	–	84 <i>Diplopetopsis minor</i> (Pauls.) Pav.	–	+	–
33	<i>Coscinodiscus grani</i> Gough	+	–	–	85 <i>Gonyaulax spinifera</i> (Clap et. Lachm.) Diesing	–	+	–
34	<i>Coscinodiscus oculus iridis</i> Ehr.	+	+	+	86 <i>Gonyaulax</i> sp.	–	+	–
35	<i>Coscinodiscus radiatus</i> Ehr.	+	–	–	87 <i>Gymnodinium</i> cf. <i>vitiligo</i> Ballantine	–	+	–
36	<i>Cymatopleura solea</i> (Brèb.) W.Sm.	–	–	+	88 <i>Gyrodinium</i> cf. <i>britannicum</i> Kof. Et Sw. (L=140 mkm)	+	+	+
37	<i>Cymbella cistula</i> (Hemp.) Grunow	–	–	+	89 <i>Gyrodinium spirale</i> (Bergh) Kof. & Sw.	+	+	+
38	<i>Dactyliosolen fragilissimus</i> (Bergon) Hasle	+	+	+	90 <i>Heterocapsa triquetra</i> (Ehr.) Stein	–	–	+
39	<i>Eucampia zodiacus</i> Ehr.	–	+	–	91 <i>Noctiluca scintillans</i> (Macart.) Kof. Et Sw.	+	–	–
40	<i>Fragilariopsis oceanica</i> (Cleve) Hasle	+	+	+	92 <i>Peridinium willei</i> Hutfieldt-Kaas	–	–	+
41	<i>Fragilariopsis</i> cf. <i>cylindrus</i> (Grunow) Krieger	+	–	–	93 <i>Protoperidinium depressum</i> (Bail.) Balech	+	–	+
42	<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve	+	+	+	94 <i>Protoperidinium grani</i> (Ostf.) Balech	+	–	–
43	<i>Melosira varians</i> Ag.	–	–	–	95 <i>Protoperidinium pallidum</i> (Ostf.) Balech	+	+	+
44	<i>Navicula septentrionalis</i> (Grunow) Gran	+	–	+	96 <i>Protoperidinium</i> cf. <i>pallidum</i> (Ostf.) Balech (L=120 mkm)	–	–	–
45	<i>Navicula transitans</i> var. <i>derasa</i> (Grunow) Cleve	–	–	–	97 <i>Protoperidinium pellucidum</i> Bergh	+	+	+
46	<i>Navicula vanhoeffenii</i> Gran	+	–	–	98 <i>Protoperidinium</i> cf. <i>pentagonum</i> (Gran) Balech	–	–	–
47	<i>Nitzschia longissima</i> (Brèb.) Ralfs	+	–	+	99 <i>Protoperidinium</i> sp.	+	–	+
48	<i>Odontella aurita</i> (Lyngb.) Agardh	–	+	+	100 <i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) Balech	–	+	–
49	<i>Paralia sulcata</i> (Ehr.) Cleve	+	–	+	Chrysophyceae			
50	<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundstrom	+	+	–	101 <i>Dinobryon</i> sp.	+	–	–
51	<i>Pseudo-nitzschia</i> cf. <i>seriata</i> (Cleve) Peragallo	–	+	+	Euglenophyceae			
52	<i>Pseudo-nitzschia</i> sp.	+	–	–	102 <i>Euglena</i> sp. (с «шипом» на конце)	+	+	–
53	<i>Rhizosolenia hebetata</i> f. <i>hiemalis</i> Gran	+	+	–	103 <i>Eutreptia</i> cf. <i>lanowii</i> Steuer	+	–	+
54	<i>Rhizosolenia hebetata</i> f. <i>semispina</i> (Hensen) Gran	+	–	+	Chlorophyceae			
					104 Genus sp. sp.	–	–	+

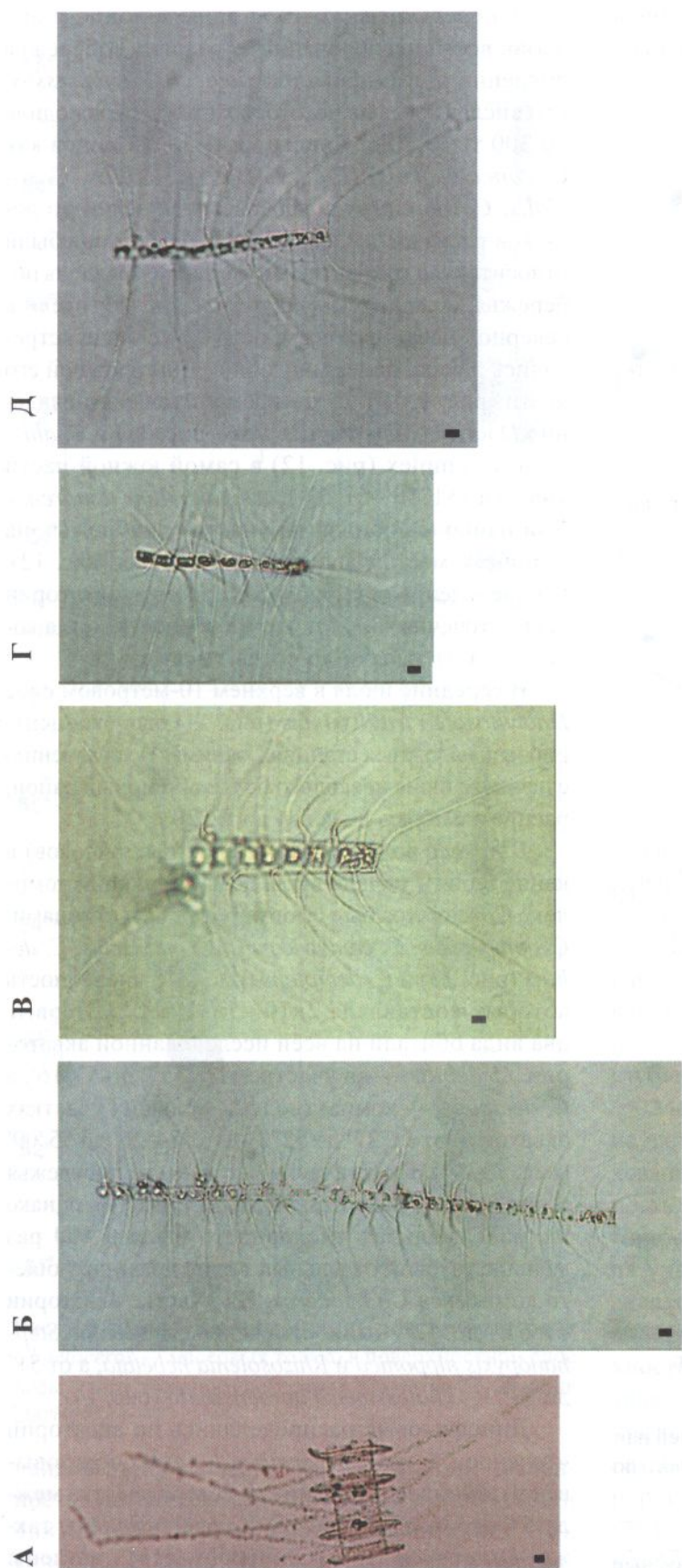


Рис. 5. Комплекс диатомовых рода *Chaetoceros* из прибрежных вод у Юго-Западной Камчатки (пояснения в табл. 2). Масштабная линейка — 10,0 мкм

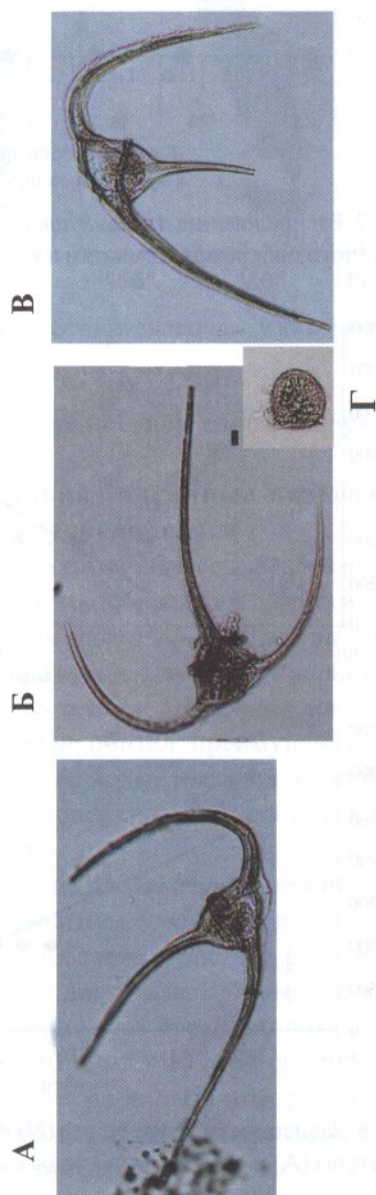


Рис. 6. Дианофитовые из рода *Ceratium* (А, Б, В) — пояснения в табл. 2, и *Dinorhysis* sp. (Г) из прибрежных вод Юго-Западной Камчатки. Масштабная линейка — 10,0 мкм

той же широте, что и станция 625, но немного мористее, на глубине 28 м были найдены коловратки *Keratella cochlearis* и *Bdelloidea* (обитатели пресных вод), 6000 и 3000 особей/л, соответственно.

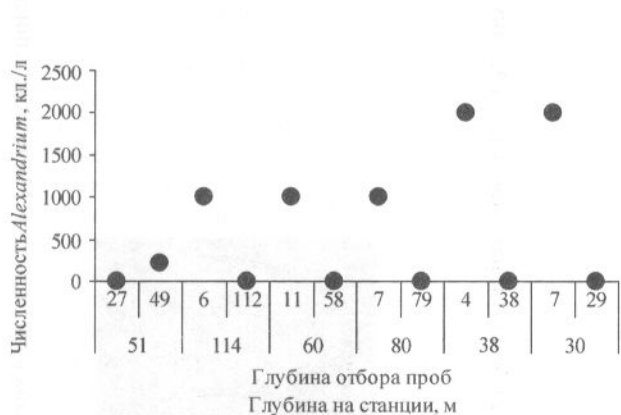


Рис. 7. Распределение *Alexandrium* по горизонтам у юго-западного побережья Камчатки в июле 2007 г.

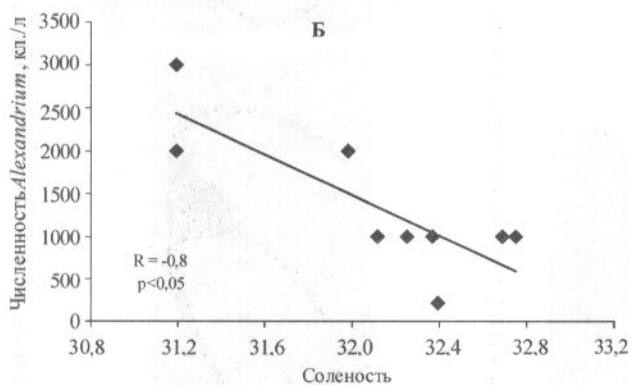
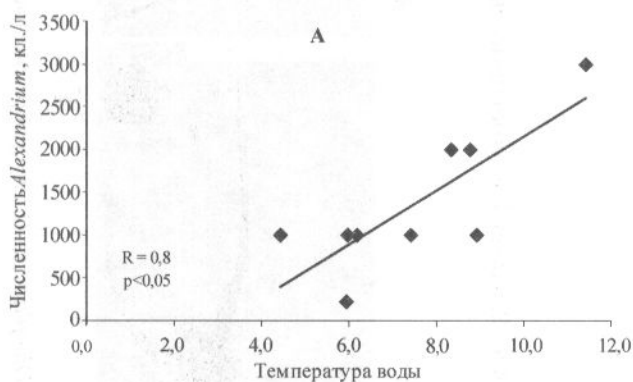


Рис. 8. Зависимость численности (N) *Alexandrium* от температуры (А) и солености (Б) воды в июле 2007 г.

Таблица 3. Общая численность (кл./л) водорослей наиболее значимых классов в планктоне у юго-западного побережья Камчатки

Слой	Bacillariophyceae	Dinophyceae	
		гетеротрофные	автотрофные
0–10 м	155 664	1864	3091
>10 м	122 417	1458	3667

Особенности горизонтального распределения водорослей

В поверхностном слое воды в конце июня вдоль всего исследованного участка побережья численно доминировал *Chaetoceros compressus*. Его численность на некоторых станциях доходила до 300 тыс. кл./л. Численность таких видов как *C. concavicornis*, *C. curvisetus*, *C. debilis*, *C. socialis*, *C. lacinosus* колебалась от тысячи до десятков тысяч кл./л. Однако расположены они были относительно компактными скоплениями вдоль побережья. *C. concavicornis* и *C. socialis* тяготели к северной части района, а остальные чаще встречались и были более многочисленны в южной его части (рис. 9, 10). В это время отмечено появление *Dactyliosolen fragilissimus* (рис. 11) и *Thalassiosira-complex* (рис. 12) в самой южной части участка (51°18'–51°57'). *Alexandrium tamarense* был наиболее обилен на участке побережья, на границе с местом впадения р. Большая (рис. 12). Распределение остальных таксонов по акватории было «точечным», хотя их численность могла колебаться от тысячи до сотен тысяч кл./л.

В середине июля в верхнем 10-метровом слое *Dactyliosolen fragilissimus* (рис. 11) был сконцентрирован на южных станциях, занимая по сравнению с началом июля несколько более обширный район, распространяясь на север до 52°20'.

В толще воды (по данным сетных обловов) в конце июня – начале июля доминирующий комплекс *Chaetoceros* был сформирован пятью видами: *C. compressus*, *C. concavicornis*, *C. curvisetus*, *C. debilis* (рис. 13) и *C. decipiens* (рис. 14), численность которых составляла 2×10^3 – 5×10^6 кл./л. Первые два вида обитали на всей исследованной акватории. *C. debilis* — на участке от 51°57' до 53°16', а *C. decipiens* — компактно на небольших участках акватории от 51°27' до 52°29' и от 54°25' до 55°09' (рис. 13, 14). Практически вдоль всего побережья обитали виды рода *Coscinodiscus* (рис. 14), однако их максимальная численность была в 100 раз меньше таковой отдельных видов доминирующего комплекса *Chaetoceros*. На участке акватории от 51° до 52° были отмечены скопления *Stephanopyxis nipponica* и *Rhizosolenia hebetata*, а от 51° до 53° — *Thalassiosira nordensköldii* (рис. 14).

Динофитовые распределялись по акватории «точечно», и только *Ceratium longipes* образовывал устойчивое скопление на севере участка между 54° и 53°. «Точечно» были распределены также *Dinobryon* sp. (Chrysophyceae), евглены (Euglenophyceae) и водоросли, предположительно из класса Chlorophyceae. Все эти таксоны были

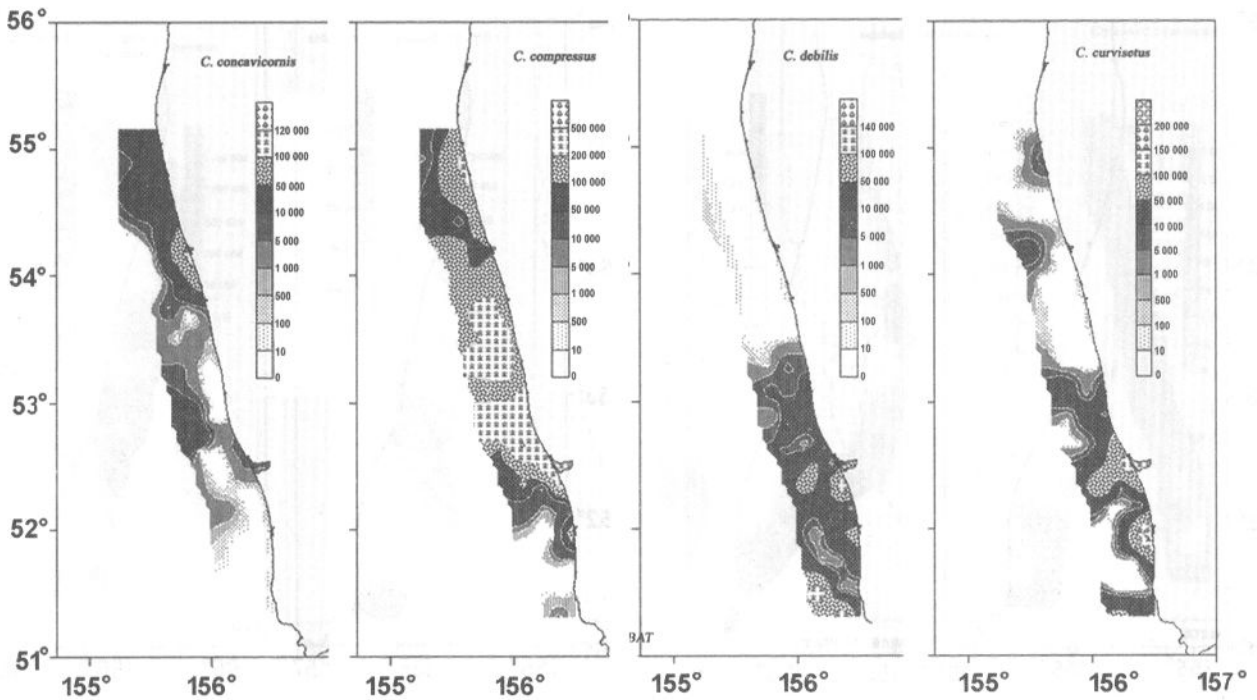


Рис. 9. Распределение (кл./л) диатомовых рода *Chaetoceros* — массовых в поверхностном слое воды, у юго-западно-го побережья Камчатки 27–29 июня 2007 г.

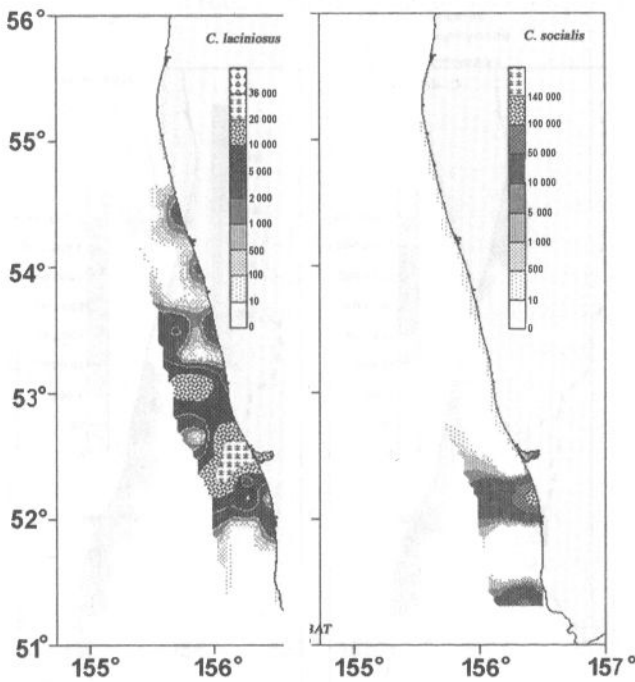


Рис. 10. Распределение (кл./л) диатомовых рода *Chaetoceros* — массовых только в поверхностном слое воды, у юго-западного побережья Камчатки 27–29 июня 2007 г.

найлены в пределах 51°30'–52°20', а их численность составляла $5,5 \times 10^3$ – 180×10^3 ; 1000–1600 и 40×10^3 – 270×10^3 кл./л соответственно (рис. 15). При этом эвглени были встречены как в поверхностном слое воды, так и в водной толще на близко расположенных станциях, а таксоны других

двух классов в поверхностном слое обнаружены не были.

Потенциально токсичные виды микроводорослей

Из потенциально токсичных водорослей в планктоне у юго-западного побережья Камчатки были обнаружены диатомовые *Pseudo-nitzschia-complex*, а также динофитовые *Alexandrium tamarense-complex*, *Dinophysis acuta* и *Dinophysis norvegica*. При этом *Alexandrium* обитал, преимущественно, в поверхностном слое воды, тогда как *Dinophysis* был найден как в поверхностном слое, так и на глубинах 2,5 и 40 м.

Массовое развитие *Alexandrium* отмечено в конце июня в поверхностном слое вдоль всего исследованного участка побережья (рис. 12). Его численность в этот период достигала 1000–10 000 кл./л. Наиболее интенсивно этот организм развивался на участке от 52°30' до 53°40' при средней для акватории температуре воды в поверхностном слое 8,5°C. В середине июля температура поверхности воды в точках отбора фитопланктона снизилась до 7,8°C, и, вероятно, одновременно с этим численность *Alexandrium* уменьшилась в 100 раз. С другой стороны, возможно, произошло перераспределение численности *Alexandrium* в верхнем 10-метровом слое, охваченном ветровым перемешиванием. Тем не менее, это не опровергает сделанный ранее вывод (Лепская, 2008) о большой зависимости видов данного

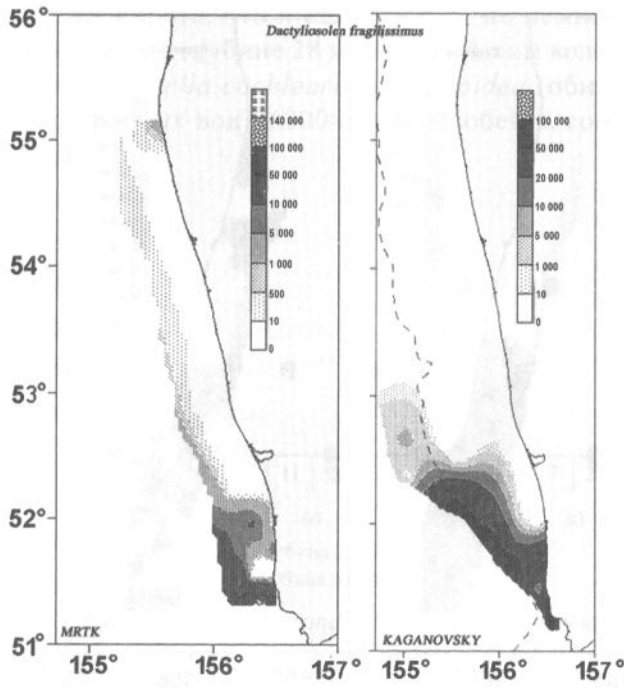


Рис. 11. Распределение (кл./л) диатомовой *Dactylosolen fragilissimus* в поверхностном слое у юго-западного побережья Камчатки 27–29 июня (MRTK) и в верхнем 10-метровом слое в середине июля (Kaganovsky) 2007 г.

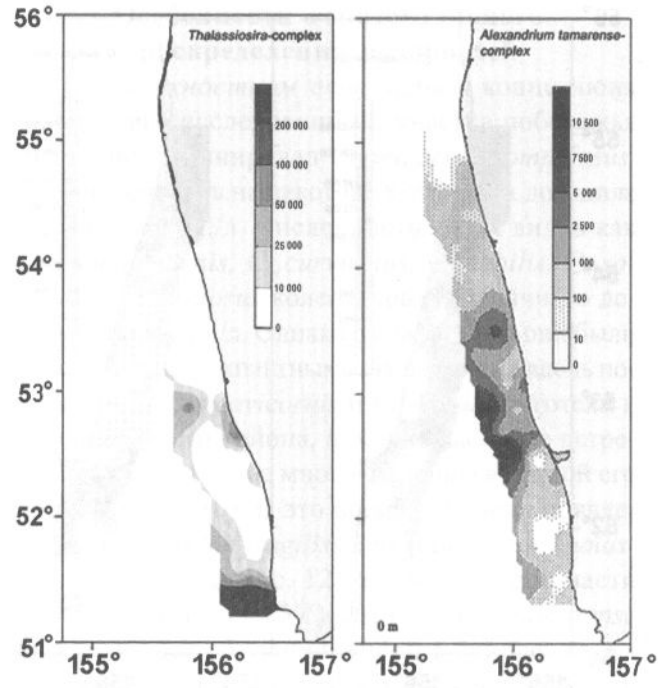


Рис. 12. Распределение (кл./л) диатомовых рода *Thalassiosira* и динофитовых *Alexandrium tamarense-complex* в поверхностном слое воды, у юго-западного побережья Камчатки 27–29 июня 2007 г.

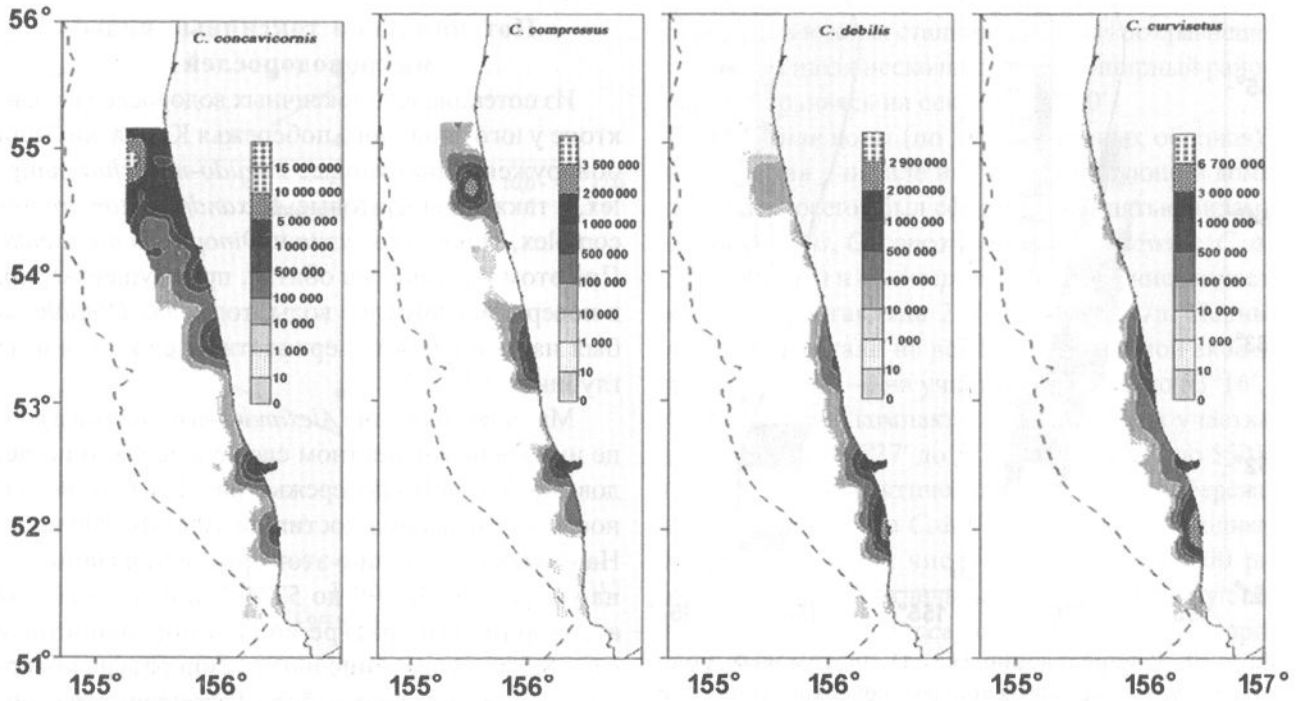


Рис. 13. Распределение (кл./л) диатомовых рода *Chaetoceros* — массовых в толще воды, у юго-западного побережья Камчатки 27–29 июня 2007 г.

комплекса от температуры и его преимущественной локализации в поверхностном водном слое.

Другие вышеперечисленные виды потенциально токсичных водорослей были отмечены единично.

Численность и биомасса фитопланктона по материалам съемки на «МРТК-316»

Выше было показано, что для комплекса микроводорослей *Alexandrium* можно провести сравнение его количественных характеристик в поверх-

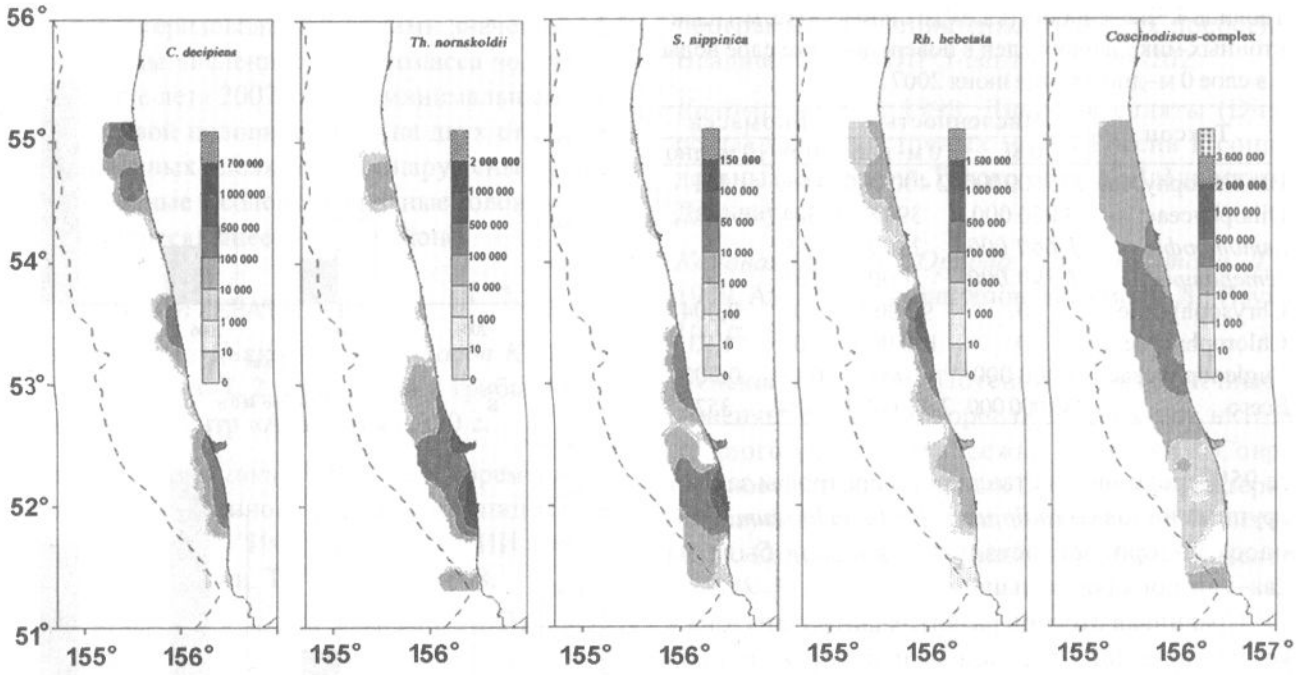


Рис. 14. Распределение (кл./л) диатомовых — массовых только в толще воды, у юго-западного побережья Камчатки 27–29 июня 2007 г.

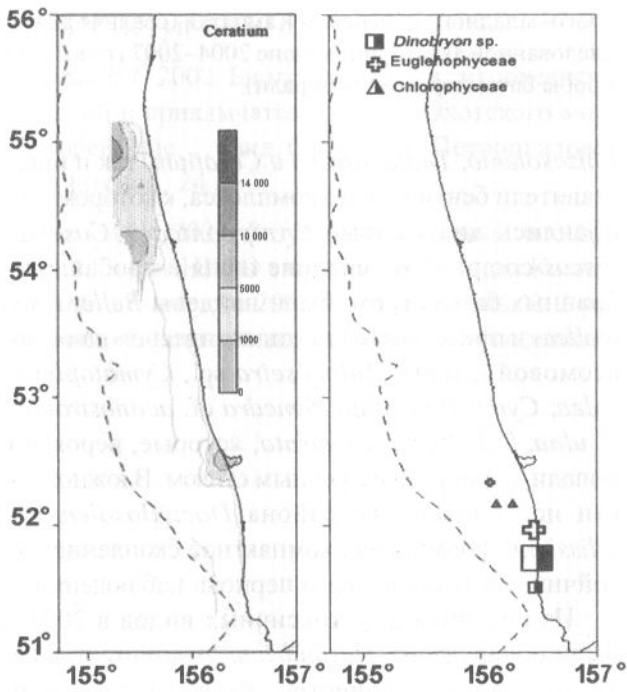


Рис. 15. Распределение (кл./л) динофитовых рода *Ceratium* в толще воды и представителей классов Chrysophyceae, Euglenophyceae и Chlorophyceae у юго-западного побережья Камчатки 27–29 июня 2007 г.

ностном слое и водной толще по данным, полученным при отборе проб разными орудиями лова («ведро» и БДС). Поэтому, понимая условность такого сравнения, но не имея иных данных, мы в сравнительном аспекте проанализировали количе-

ственные характеристики найденных в пробах микроводорослей, разбив их по классам.

В конце июня 2007 г. в планктоне у юго-западного побережья Камчатки численно доминировали диатомовые водоросли (табл. 4). В поверхностном слое их численность составляла сотни миллионов кл./м³, а в толще воды — в 100 раз меньше. Это было связано с тем, что поверхностный слой в пик «цветения» отражает процессы, происходящие в эвфотическом слое, а сетные обловы захватывают в это время нижние слои воды, обедненные автотрофным планктоном.

Численность динофитовых, как в поверхностном слое, так и в толще воды, была на два порядка меньше, чем численность диатомовых. При этом среди динофитовых преобладали автотрофные организмы. Золотистые водоросли рода *Dinobryon* найдены в водной толще на двух близко расположенных станциях, со средней численностью 90 000 кл./м³. Зеленые водоросли, предположительно из порядка Chlocoococcales, также были обнаружены на ограниченном участке только в водной толще — 150 000 кл./м³. Евгленовые, образуя компактное скопление, в большей степени были развиты в поверхностном слое (10⁶ кл./м³) и не столь обильно в водной толще (10³ кл./м³). По биомассе в планктоне также доминировали диатомовые, однако ее величина в поверхностном слое была в 4 раза больше, чем в слое 0 м–дно. Динофитовые были сконцентрированы в поверхностном слое, и по биомас-

Таблица 4. Численность (кл./м³) и биомасса (мг/м³) планктонных микроводорослей в поверхностном слое воды и в слое 0 м–дно в конце июня 2007 г.

Таксон	Численность		Биомасса	
	0 м	0 м–дно	0 м	0 м–дно
Vacillariophyceae	275 000 000	2 400 000	1469	351
Dinophyceae:	3 050 000	3900	304	4
автотрофы	1 660 000	2300	15	1
гетеротрофы	1 390 000	1600	289	3
Chrysophyceae	0	90 000	0	0,004
Chlorophyceae	0	150 000	0	1,93
Euglenophyceae	1 000 000	1000	0,12	0,003
Всего	280 000 000	2 420 000	1484	352

се 95% среди них составляли гетеротрофы за счет крупных видов *Gyrodinium* и *Proto-peridinium*. Биомасса водорослей остальных классов была на два–три порядка меньше.

Сравнивая степень развития фитопланктона в конце июня 2007 г. с данными за тот же период 2004–2006 гг. (Лепская и др., 2008), отметим, что численность микроводорослей в поверхностном слое была максимальной в 2007 г. и составляла 280×10^6 кл./м³. В слое 0 м–дно максимальная численность микроводорослей 105×10^6 кл./м³ была отмечена в 2005 г. (рис. 16А).

Максимальная биомасса фитопланктона, как в поверхностном слое, так и в толще воды, была в 2006 г. — 1779 и 2256 мг/м³, соответственно (рис. 16Б).

Разнонаправленная динамика численности и биомассы связана с видовой структурой фитопланктона. При относительно небольшой численности крупноклеточных видов из таких родов, как *Coscinodiscus*, *Stephanopyxis* и некоторых *Thalassiosira*, их суммарная биомасса может значительно превышать таковую многочисленных, но мелкоклеточных таксонов *Chaetoceros*.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В водах юго-западного побережья Камчатки в конце июня 2007 г. фитопланктон был представлен традиционными для этого района таксонами, за исключением диатомеи *Dactyliosolen fragilissimus*, впервые отмеченной в планктоне в 2007 г. Диатомовые водоросли доминировали в планктоне как по численности, так и по биомассе, что было характерно и для летнего периода 2004–2006 гг.

В поверхностном слое всей исследованной акватории в конце июня был отмечен комплекс типично планктонных видов рода *Chaetoceros*. В толще воды в массе развивались как типично планктонные микроводоросли родов *Chaetoceros*,

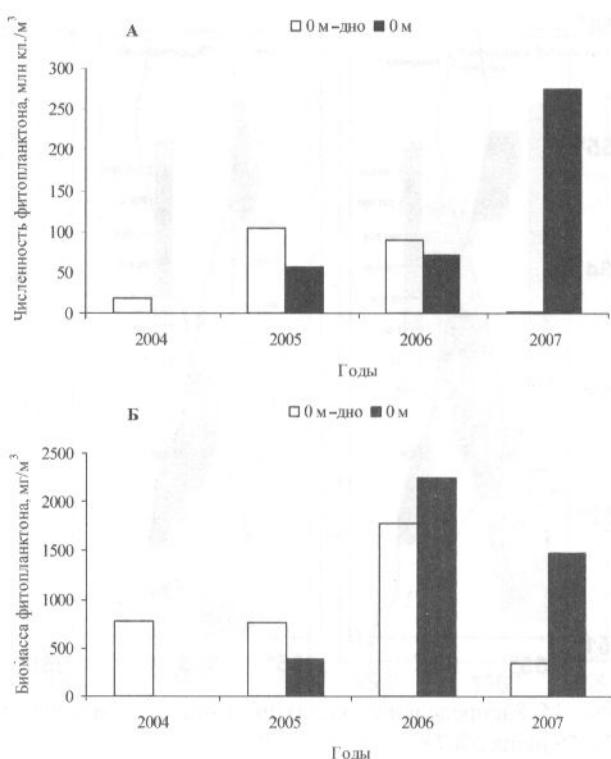


Рис. 16. Численность (А) и биомасса (Б) фитопланктона у юго-западного побережья Камчатки (средняя для исследованной акватории) в июне 2004–2007 гг. (в 2004 г. пробы батометром не отбирали)

Rhizosolenia, *Thalassiosira* и *Ceratium*, так и представители бентического комплекса, к которому относились диатомовые *S. nipponica* и *Coscinodiscus*-complex. В середине июля в пробах, отобранных батометром, были найдены *Bellerophon malleus* и представители типично пресноводной диатомовой флоры: *Aulacoseira* sp., *Cymatopleura solea*, *Cymbella cistula*, *Synedra* cf. *actinastroides*, *S. ulna*, *Tabellaria fenestrata*, которые, вероятно, попали в прибрежье с речным стоком. В южной части исследованного района *Dactyliosolen fragilissimus* формировал компактное скопление, устойчивое в течение всего периода наблюдений.

Из потенциально токсичных видов в 2007 г. были обнаружены *Alexandrium tamarense* и, в значительном количестве, *Pseudo-nitzschia* cf. *seriata*. Первый вид, в большей степени, был развит в верхнем десятиметровом слое, тяготея к более прогретым и опресненным водным слоям. В его распределении по акватории также прослеживалась приуроченность к станциям с более высокой температурой воды.

В середине лета 2007 г. у юго-западного побережья Камчатки численность фитопланктона в поверхностном слое была максимальной с начала наблюдений в 2004 г., тогда как биомасса водорос-

лей характеризовалась средними значениями. В толще воды численность и биомасса водорослей в середине лета 2007 г. были минимальными.

В первой половине июля на двух станциях в ограниченных слоях были обнаружены типично пресноводные и солоноватоводные коловратки, не отмечавшиеся ранее в этом районе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Белякова Г.А., Дьяков Ю.Т., Тарасов К.А.* 2006. Ботаника: в 4 т. Т. 2. Водоросли и грибы. М.: Издательский центр «Академия», 320 с.
- Волков А.Ф., Ефимкин А.Я.* 2002. Современное состояние планктонного сообщества эпипелагиали Охотского моря // Изв. Тихоокеан. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Т. 130. С. 355–408.
- Диатомовые водоросли России и сопредельных стран: Ископаемые и современные. 2002. Т. II (3). СПб.: СПб. ун-т, 112 с.
- Диатомовые водоросли России и сопредельных стран: Ископаемые и современные. 2006. Т. II (4). СПб.: СПб. ун-т, 180 с.
- Ерохин В.Г.* 2002. Биология молоди тихоокеанских лососей в прикамчатских водах Охотского моря: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Петропавловск-Камчатский, 24 с.
- Коваль М.В.* 2007. Результаты траловых исследований КамчатНИРО в прибрежных водах Камчатки в июне–августе 2007 г. // Бюллетень № 2 реализации «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». Владивосток. ТИНРО-центр. С. 196–202.
- 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.
- Лепская Е.В.* 2008. Потенциально токсичные и токсичные микроводоросли в планктоне юго-западного участка побережья Камчатки // Современное состояние водных биоресурсов: материалы научной конференции, посвященной 70-летию С.М. Коновалова. Владивосток: ТИНРО-центр. С. 578–581.
- 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: материалы научной конференции, посвященной 70-летию С.М. Коновалова. Владивосток: ТИНРО-центр. С. 152–156.
- Определитель ископаемых и современных диатомовых водорослей. Кн. 2. 1949. Государственное изд-во геологической лит-ры, 470 с.
- Руководство по определению фитопланктона Охотского моря. 1990. Владивосток: ТИНРО, 46 с.
- Round F.E., Crawford R.M., Mann D.G.* 1990. The Diatoms. Cambridge University Press, 747 p.