

**ФИТОПЛАНКТОН И ХИМИЧЕСКИЕ
ПОКАЗАТЕЛИ ПРИБРЕЖНЫХ ВОД
ЮГО-ЗАПАДНОГО И ЮЖНОГО САХАЛИНА
(ТАТАРСКИЙ ПРОЛИВ, ЗАЛИВ АНИВА)**

**Т.А. Могильникова¹, Т.В. Никулина², Т.Г. Коренева¹,
Е.М. Латковская¹, А.А. Ведерникова¹**

¹Сахалинский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии,
ул. Комсомольская, 196, г. Южно-Сахалинск, 693000, Россия. E-mail: t.a.m2311@yandex.ru

²Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН,
проспект «100 лет Владивостоку», 159, 690022 г. Владивосток, Россия.
E-mail: nikulina@ibss.dvo.ru

Проведены исследования по выявлению гидрохимических особенностей, а также видового состава и количественных характеристик фитопланктона прибрежных вод юго-западного и южного Сахалина в летне-осенний период 2015 г. Научно-исследовательские работы осуществлены на полигонах: Антоново, Люблино, Шебунино (Татарский пролив), Таранай, Пригородное, Аракуль (зал. Анива).

Отмечена пространственная неоднородность содержания биогенных элементов в прибрежье, а также дефицит азота и кремния в августе–октябре и фосфора в июне–июле. Содержание нефтепродуктов (НП) в воде не превышало предельно-допустимых концентраций (ПДК). Высокое содержание общего железа отмечалось повсеместно, что связано с влиянием берегового стока.

Видовой состав флоры изученного района представлен 465 видами, разновидностями и формами из девяти отделов: Cyanobacteria, Bacillariophyta, Chlorophyta, Euglenophyta, Chrysophyta, Cryptophyta, Dinophyta, Haptophyta и Ochrophyta. В числе доминирующих видов наиболее часто отмечены: *Cocconeis scutellum* Ehrenberg, *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve, *Teleaulax acuta* (Butcher) Hill, *Melosira lineata* (Dillwyn) Agardh, *Pleurosigma formosum*

W. Smith, *Leptocylindrus minimus* Cleve. В летне-осенний период 2015 г. в прибрежной зоне юго-западного (Татарский пролив) и южного (зал. Анива) Сахалина отмечено массовое развитие преимущественно диатомовых, криптофитовых и динофитовых водорослей. У юго-западного побережья численность водорослей изменялась от $1,147 \times 10^3$ кл./л (август) до $1683,318 \times 10^3$ кл./л (июль); максимальная биомасса водорослей формировалась в июле – $2174,9$ мг/м³, минимальная отмечена в августе – $6,5$ мг/м³. В прибрежье зал. Анива численность водорослей варьировала от $15,061 \times 10^3$ (октябрь) до $512,957 \times 10^3$ кл./л (сентябрь), биомасса – от $13,64$ (июнь) до $908,20$ мг/м³ (август). По численности преобладали диатомовые водоросли, редко – криптофитовые. Наиболее высокие количественные показатели водорослей планктона наблюдали в устье р. Таранай.

PHYTOPLANKTON AND CHEMICAL INDICES OF COASTAL WATERS
OF SOUTH-WESTERN AND SOUTHERN SAKHALIN ISLAND
(TATAR STRAIT, ANIVA BAY)

T.A. Mogilnikova¹, T.V. Nikulina², T.G. Koreneva¹,
E.M. Latkovskaya¹, A.A. Vedernikova¹

¹Sakhalin Research Institute of Fisheries and Oceanography, Komsomolskaya Street, 196,
Yuzhno-Sakhalinsk, 693000, Russia. E-mail: t.a.m2311@yandex.ru

²Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity FEB RAS,
100-letiya Vladivostoka Avenue, 159, Vladivostok, 690022, Russia. E-mail: nikulina@ibss.dvo.ru

Investigations to identify the hydrochemical conditions, species composition and quantitative characteristics of phytoplankton in the coastal waters of southwestern and southern Sakhalin in the summer-autumn period of 2015 were carried out. Hydrochemical and algological researches have been carried out on six testing areas of the southern and southwestern Sakhalin Island: Antonovo, Lyublino, and Shebunino (Tatar Strait), Taranai, Prigorodnoye, and Arakul (Aniva Bay).

The spatial heterogeneity of biogenic elements in the coastal area was noted, and nitrogen and silicon deficiency during August–October and phosphorous – in June–July. The content of petroleum products (PP) in water did not exceed the maximum allowable concentration. The high content of total iron was noted everywhere, which is associated with coastal runoff.

A species composition of the coastal flora of Sakhalin Island since was represented by 465 species, varieties and forms from nine divisions: Cyanobacteria, Bacillariophyta, Chlorophyta, Euglenophyta, Chrysophyta, Cryptophyta, Dinophyta, Haptophyta and Ochrophyta. Species *Cocconeis scutellum* Ehrenberg, *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve, *Teleaulax acuta* (Butcher) Hill, *Melosira lineata* (Dillwyn) Agardh, *Pleurosigma formosum* W. Smith, *Leptocylindrus minimus* Cleve are noted among the dominant species most often. Mass growth of diatom, cryptophytes and dinoflagellate algae was recorded in the coastal zone of the southwestern (Tatar Strait) and southern (Aniva Bay) Sakhalin in the summer-autumn period of 2015. At the south-west coast, the total phytoplankton abundance varied from $1,147 \times 10^3$ cell/L (August) to $1683,318 \times 10^3$ cell/L (July); the maximum biomass of algae was formed in July – $2174,9 \text{ mg/m}^3$, the minimum was recorded in August – $6,5 \text{ mg/m}^3$. In the coastal zone of the Aniva Bay, algae abundance varied from $15,061 \times 10^3$ (October) to $512,957 \times 10^3$ cell/L (September), biomass from $13,64$ (June) to $908,20 \text{ mg/m}^3$ (August). Diatoms prevailed by abundance, and cryptophytes prevailed more rarely. The highest quantitative indices of planktonic algae were observed in the mouth of Taranai River.

Введение

Шельф острова Сахалин признан богатейшей территорией по запасам нефти и газа. Здесь разворачиваются крупнейшие проекты «Сахалин-1» и «Сахалин-2» по добыче, реализации и перемещению нефтепродуктов по двум трубопроводам, осуществляемые двумя независимыми консорциумами.

В связи с активным освоением месторождений на шельфах о-ва Сахалин, ростом объемов добычи нефти, и особенностями ее транспортировки в последние два десятилетия обостряется проблема возрастающего загрязнения нефтепродуктами прибрежных вод северо-западной, северо-восточной и южной частей Сахалина. В сложившейся ситуации, в рамках мониторинга состояния водных биологических ресурсов и среды их обитания, для получения сравнительной информации, необходимо проведение гидробиологических исследований в прибрежных водах с разной степенью загрязнения нефтеуглеводородами – южного и юго-западного районов острова.

Кроме того, остается актуальным получение и накопление информации о гидрохимическом режиме и состоянии сообществ фитопланктона прибрежной части Татарского пролива, омывающего западную часть острова, в связи с проблемой «исояке» (Isoyake) у о-ва Сахалин – уменьшение площадей традиционных мест произрастания высокопродуктивных промысловых бурых водорослей и замещение их малоценными видами известковых корковых водорослей и трав (Masaki et al., 1981; Noro et al., 1983; Nabata et al., 1992).

ФГБНУ «СахНИРО» осуществляет работы по изучению влияния условий среды на заросли ламинарии в прибрежье юго-запада о-ва Сахалин, начиная с 2007 г. в районах с. Яблочное, с. Шебунино, и с 2013 г. – в районе с. Люблино (Лапко и др., 2007; Саматов и др., 2010; Galanin et al., 2010). У южного побережья (в заливе Анива) регулярные исследования гидрохимических параметров начаты в 2012 г. в рамках программы по оценке современного состояния низшего трофического уровня прибрежных морских экосистем.

Ранее авторами были представлены результаты исследований гидрохимических параметров и содержания биогенных элементов в период весеннего паводка 2011 г. четырех рек южной части о-ва Сахалин, впадающих в Татарский пролив и залив Анива; приведены данные о видовом составе альгофлоры р. Лопатинка (басс. Татарского пролива), выявлены комплексы доминирующих видов в альгосообществах; определено качество вод по гидрохимическим показателям и составу водорослей – индикаторов органического загрязнения (Латковская и др., 2014).

Цель данного исследования – выявить гидрохимические особенности, видовой состав и количественные характеристики фитопланктона прибрежных вод у юго-западного и южного Сахалина в летне-осенний период 2015 г.; оценить возможное антропогенное загрязнение и качество среды обитания промысловых объектов.

Материалы и методы

Гидрохимические и альгологические исследования проведены на шести полигонах юго-западного и южного районов о-ва Сахалин: Антоново, Люблино, Шебунино (Татарский пролив), Таранай, Пригородное и Аракуль (залив Анива). Отбор проб воды и грунта для химического анализа, а также фитопланктона осуществляли на расстоянии 1 м от берега, на глубине 0,5 м. В работе приведены данные за период с июня по октябрь 2015 г. Схема станций представлена на рисунке 1.

Татарский пролив:

1. Полигон Антоново (47°08'469" с.ш., 142°03'267" в.д.) расположен в черте с. Яблочное муниципального образования (МО) «Холмский городской округ». Грунт галечниковый, отмечено высокое обилие макрофитов.

2. Полигон Люблино (46°55'288" с.ш., 141°59'769" в.д.) – на въезде в с. Люблино со стороны г. Холмск МО «Холмский городской округ». Грунт песчаный, отмечено высокое обилие макрофитов.

3. Полигон Шебунино (46°32'399" с.ш., 141°48'554" в.д.) – в районе с. Шебунино МО «Невельский городской округ». Грунт песчаный, в 15–25 м от берега отмечена полоса водорослевых зарослей шириной около 5–10 м.

Залив Анива:

4. Полигон Таранай (46°37'341" с.ш., 142°26'108" в.д.) – рядом с устьем р. Таранай, в пределах с. Таранай МО «Анивский городской округ». Грунт песчаный. Общая протяженность реки составляет 57 км; площадь её водосборного бассейна – 291 км². Водоток берет своё начало с горы Нищя Южно-Камышового хребта, впадает в зал. Анива Охотского моря (Ресурсы ..., 1973; Государственный водный кадастр, 2016).

5. Полигон Пригородное (46°37'382" с.ш., 142°52'596" в.д.) – в 2 км от производственного комплекса «Пригородное» (проект «Сахалин-2»), который включает завод по производству сжиженного природного газа (СПГ), терминал отгрузки нефти (ТОН) и порт «Пригородное», в 15 км к востоку от г. Корсакова МО «Корсаковский городской округ». Грунт песчаный.

6. Полигон Аракуль (46°34'180" с.ш., 143°13'188" в.д.) расположен в морском прибрежье напротив р. Аракуль (между озерами Большое Вавайское и Буссе, которые соединяются данной рекой), на территории МО «Корсаковский городской округ». Грунт песчаный.

На всех полигонах во время отбора проб определяли температуру и соленость воды при помощи STD-логгера ACTD-CMP (JFE Advantech Co., Ltd, Япония), водородный по-

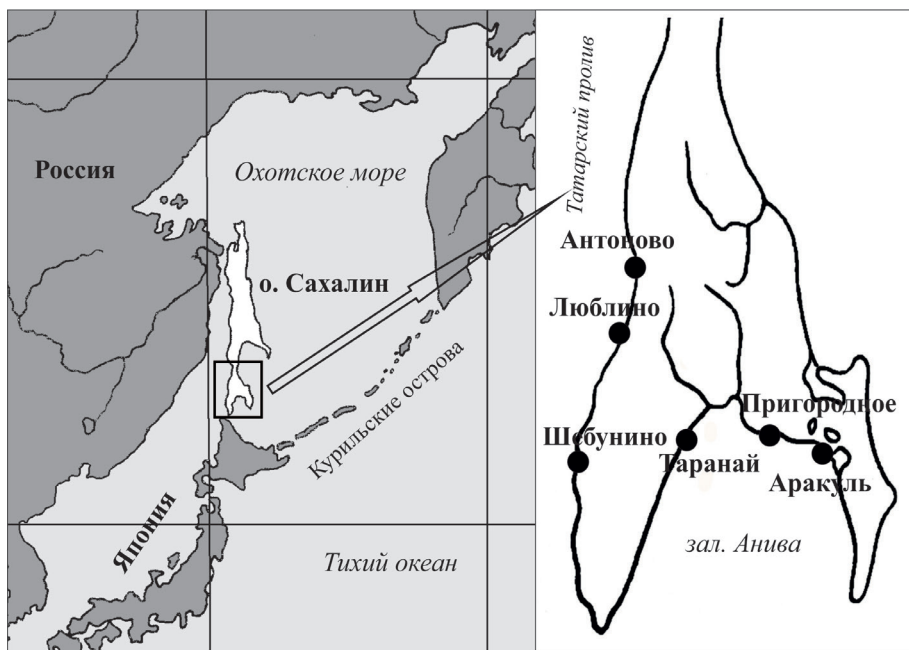


Рисунок 1. Схема расположения полигонов (точек отбора проб) у юго-западного и южного побережья о-ва Сахалин.

казатель (рН) измеряли рН-метром МА–130 (Mettler Toledo, Швейцария). Пробы для анализа величины биологического потребления кислорода (БПК₅), концентрации биогенных элементов, взвешенных веществ (ВВ), общего железа и нефтепродуктов (НП) отбирали при помощи пробоотборной системы ПЭ-1420 (ЭКРОС, Россия). Анализ отобранных проб воды осуществляли по стандартным аттестованным методикам.

При выявлении обеспеченности фитопланктона биогенными элементами использовано их стехиометрическое соотношение в фитопланктоне – Si:N:P=23:16:1 (Redfield et al., 1963).

Пробы фитопланктона отбирали в сосуды из темного пластика объемом 1,0–1,5 л, фиксировали раствором Уотермеля (1,5–2,5 мл на 1 л воды). Концентрирование альгологических проб проводили воронкой обратной фильтрации через лавсановые полядерные фильтры с диаметром пор фильтра 1–3 мкм до объема 20–40 мл; затем пробу отстаивали до объема 5–15 мл, в зависимости от плотности осадка (Федоров, 1979; Современные методы ..., 1983; Методические ..., 1984; Радченко др., 2010).

Количественный учет клеток фитопланктона выполняли в счетной камере Нажотта с объемом 0,055 мл, крупных и редких видов – в камере типа «пенал» Sedgewick-Rafter (Pyser-SGI, Великобритания), объемом 1 мл. Биомассу водорослей рассчитывали счетно-объемным методом (Водоросли. Справочник, 1989), приравнивая клетки водорослей к определенным геометрическим фигурам (Макарова, Пичкилы, 1970; Брянцева, 2005). Подсчет клеток и видовую идентификацию водорослей проводили с использованием микроскопов Микмед-2 (ООО «Микмед», Россия-Китай), ЛОМО (ОАО «ЛОМО», Россия), Leica DM L32 (Leica Microsystems, Германия), Alphaphot-2 YS-2 (Nikon, Япония) при увеличении от $\times 200$ до $\times 1600$, по общепринятым методикам (Водоросли. Справочник, 1989). Для идентификации панцирных динофлагеллят использовали метод эпифлюоресцентной микроскопии (Manual ..., 1995).

Таксономический состав водорослей приведен согласно современной классификации, изложенной в работе М.Д. Гуири и Г.М. Гуири (Guiry, Guiry, 2016). К разряду доминантов в планктонных сообществах отнесены таксоны, составляющие не менее 20 %, субдоминантов – не менее 5 % от общей численности фитопланктона.

Результаты и обсуждение

Гидрохимия

Диапазоны значений гидролого-гидрохимических параметров на шести полигонах в летне-осенний период 2015 г. приведены в таблицах 1 и 2. Максимальный **прогрев вод** в Татарском проливе был отмечен на полигоне Антоново в августе, в заливе Анива – на полигонах Пригородное и Аракуль в июле. Максимум величины **солености** водных масс повсеместно наблюдали в октябре, минимум в Татарском проливе фиксировали в июле, а в заливе Анива – в сентябре. Рост значений **водородного показателя (рН)** до экстремально высоких величин на всех полигонах (до 8,54–8,74) происходил в условиях активного фотосинтеза, о чем свидетельствует высокое содержание растворенного в воде кислорода – 13,98–17,36 мг/дм³ (188–193 % насыщения). Повышенные уровни значений рН в мелководных районах, густо заселенных высшей водной растительностью, наблюдали и ранее. Так, в местах произрастания макрофитов в зал. Чайво (северо-восточный Сахалин) и зал. Байкал (северо-западный Сахалин) величина рН достигала 9,01–9,15 (Полтева и др., 2009; Могильникова и др., 2011). Необычно низкое значение концентрации растворенного кислорода – 0,35 мг/дм³ (5 % насыщения) и высокое (за верхней границей определяемого диапазона по методике) значение БПК₅ обнаружили на полигоне Антоново в августе. В месте отбора фиксировали интенсивный сероводородный запах и изменение цвета воды, что обусловлено сточными водами хозяйственных объектов.

Значения БПК₅ в Татарском проливе изменялись в диапазоне от 1,51 до 3,49 мг/дм³ (Антоново), от <0,5 до 2,14 мг/дм³ (Люблино), от <0,5 до 2,11 мг/дм³ (Шебунино). Превышение норматива БПК₅ (Приказ Минсельхоза..., 2016) до 1,7 раза наблюдали в июле, августе и октябре на полигоне Антоново. В зал. Анива наибольшие уровни легкоокисляемой органики в воде были зафиксированы в летние месяцы: величина БПК₅ варьировала в диапазоне <0,5–1,7 мг/дм³ (Таранай), <0,5–2,18 мг/дм³ (Аракуль), <0,5–3,76 мг/дм³ (Пригородное). Превышение норматива БПК₅ в 1,8 раза наблюдали на полигоне Пригородное в июне.

Концентрация взвешенных веществ в Татарском проливе находилась в диапазоне 29,70–47,30 мг/дм³ (табл. 1); максимум отмечен на полигоне Антоново в августе. В заливе Анива диапазон варьирования составил 2,10–45,15 мг/дм³ (табл. 2); максимальные концентрации взвешенных веществ отмечены в октябре на полигоне Аракуль.

Концентрация **общего железа** в Татарском проливе изменялась от <0,02 до 2,299 мг/дм³ (табл. 1). Превышение ПДК на полигоне Антоново отмечено в 1,1–46 раз, в районе Люблино – в 1,9 раз и Шебунино – в 1,4–1,8 раз. В заливе Анива диапазон варьирования концентрации общего железа составил 0,028–0,165 мг/дм³ (табл. 2). В районе полигона Аракуль концентрация железа была значительно ниже. Превышение ПДК общего железа (в 1,1–3,3 раза) наблюдали в нескольких пробах на полигоне Таранай.

Концентрация **нитратного азота (N-NO₃)** в Татарском проливе находилась в диапазоне <5,0–61,7 мкг/дм³; **минерального фосфора (P-PO₄)** в диапазоне <1,6–292,5 мкг/дм³; **кремния (Si)** – 98,6–1710,5 мкг/дм³. Практически повсеместно на протяжении с августа по октябрь отмечен недостаток кремния (Si/P=4–22) и азота (N/P=1–15). В июне–июле в относительном дефиците был фосфор (Si/P=27–236; N/P=18–47).

В заливе Анива концентрация N-NO₃ находилась в диапазоне <5,0–257,7 мкг/дм³; P-PO₄ – в диапазоне <1,6–46,0 мкг/дм³; Si – 24,8–4371,2 мкг/дм³. В июне–июле в относительном дефиците был фосфор (Si/P=77–613; N/P=18–83), в августе–октябре наблюдали недостаток кремния (Si/P=4–21) и азота (N/P=3–11).

Дефицит кремния и азота в августе–октябре, а также фосфора в июне–июле в прибрежных водах на полигонах Татарского пролива выражен значительно по сравнению с водами залива Анива.

Превышения ПДК по **нефтепродуктам** в Татарском проливе и в зал. Анива не зафиксировано.

Таблица 1

Диапазон значений гидрохимических параметров на полигонах в Татарском проливе (июнь–октябрь 2015 г.)

Полигон	Уровень показателя	T, °C	S, ‰	pH	РК, мг/дм ³	РК, %	БПК ₅ , мг/дм ³	ВВ, мг/дм ³	Железо общее, мг/дм ³	НП, мг/дм ³	N-NO ₃ ⁻ , мкг/дм ³	P-PO ₄ ⁻³ , мкг/дм ³	Si, мкг/дм ³
Антоново	Минимум	10,0	31,90	6,79	0,35	4,75	1,51	15,70	0,054	0,006	<5,0	<1,6	98,6
	Максимум	22,20	33,00	8,74	13,98	193,14	3,49	47,30	2,299	0,040	61,7	292,5	949,3
Люблино	Минимум	7,80	26,12	7,74	7,02	94,85	<0,50	21,60	0,032	0,005	<5,0	<1,6	105,2
	Максимум	21,85	33,00	8,67	10,72	140,98	2,14	29,70	0,095	0,032	23,8	103,9	745,3
Шебунино	Минимум	10,20	31,57	6,91	1,27	17,45	0,27	14,50	<0,020	0,005	<5,0	<1,6	147,9
	Максимум	21,90	33,00	8,61	12,87	155,80	2,11	31,40	0,092	0,034	19,4	170,4	1710,5
В целом по району	Минимум	7,80	26,12	6,79	0,35	4,75	<0,50	14,50	<0,020	0,005	<5,0	<1,6	98,6
	Максимум	22,20	33,00	8,74	13,98	193,14	3,49	47,30	2,299	0,040	61,7	292,5	1710,5

Примечание: T – температура, S – соленость, pH – водородный показатель, РК – растворенный кислород, БПК₅ – биологическое потребление кислорода (5 суток), ВВ – взвешенные вещества, НП – нефтепродукты.

Таблица 2

Диапазон значений гидрохимических параметров в прибрежной зоне на полигонах в зал. Анива (июнь–октябрь 2015 г.)

Район отбора	Показатель	T, °C	S, ‰	pH	РК, мг/дм ³	РК, %	БПК ₅ , мг/дм ³	ВВ, мг/дм ³	Железо общее, мг/дм ³	НП, мг/дм ³	N-NO ₃ ⁻ , мкг/дм ³	P-PO ₄ ⁻³ , мкг/дм ³	Si, мкг/дм ³
Таранай	Минимум	8,00	15,00	7,22	8,20	93,16	0,40	2,10	<0,020	0,005	<5,0	<1,6	1319,4
	Максимум	19,40	30,00	8,75	17,36	187,76	1,70	32,60	0,165	0,017	99,7	40,0	4371,2
Пригородное	Минимум	10,40	24,00	7,40	8,87	98,47	0,18	14,80	<0,020	0,009	<5,0	9,5	115,8
	Максимум	20,42	34,00	8,54	13,69	177,04	3,76	36,50	0,090	0,016	257,7	46,0	1875,2
Аракуль*	Минимум	11,30	27,50	7,90	8,71	106,44	0,07	20,60	0,028	0,006	<5,0	<1,6	24,8
	Максимум	20,20	32,00	8,15	11,83	122,54	2,18	45,15	0,039	0,011	39,6	30,3	1701,2
В целом по району	Минимум	8,00	15,00	7,22	8,20	93,16	0,07	2,10	0,028	0,005	<5,0	<1,6	24,8
	Максимум	20,42	34,00	8,75	17,36	187,76	3,76	45,15	0,165	0,017	257,7	46,0	4371,2

Примечание: T – температура, S – соленость, pH – водородный показатель, РК – растворенный кислород, БПК₅ – биологическое потребление кислорода (5 суток), ВВ – взвешенные вещества, НП – нефтепродукты. * – приведены данные с июля по октябрь.

Фитопланктон

Видовой состав фитопланктона прибрежных вод юго-западного и южного побережий о-ва Сахалин представлен 465 видами, разновидностями и формами водорослей из девяти отделов. В альгофлоре данного района наиболее разнообразно представлены отделы Bacillariophyta, содержащий 322 вида (326 внутривидовых таксонов) и Dinophyta, включающий 97 видов (табл. 3). В систематической структуре альгофлоры наибольшее количество видов, разновидностей и форм содержат семейства Bacillariaceae – 61, Naviculaceae – 45, Chaetocerotaceae – 26, Fragilariaceae – 22 и Thalassiosiraceae – 18 (диатомовые), Gymnodiniaceae – 31 и Protoperidiniaceae – 21 (динофитовые); и роды: *Navicula* – 37, *Nitzschia* – 36, *Chaetoceros* – 24, *Thalassiosira* и *Amphora* – по 16 (диатомовые), а также *Gymnodinium* и *Protoperidinium* – по 20 (динофитовые).

Таблица 3

Таксономический состав фитопланктона юго-западного и южного побережий о-ва Сахалин
(июнь–октябрь 2015 г.)

Отдел	Класс	Порядок	Семейство	Род	Вид	Вид, разновидность, форма
Сyanobacteria [=Cyanophyta, Cyanoprokaryota]	1	2	3	3	5	5
Bacillariophyta	3	34	57	101	322	326
Chlorophyta	5	7	9	9	13	13
Euglenophyta	1	1	1	2	2	2
Chrysophyta	2	2	3	3	3	3
Cryptophyta	2	3	5	8	12	12
Dinophyta	1	9	24	34	97	97
Haptophyta	3	3	3	3	3	3
Ochrophyta [=Heterokontophyta]	2	3	3	3	4	4
Итого	20	64	108	166	461	465

В качестве преобладающих по численности и биомассе отмечены 107 видов, разновидностей и форм диатомовых, зеленых, криптофитовых, динофитовых и эвгленовых водорослей, из них 24 вида водорослей выступали как доминанты, а остальные – только в роли субдоминантов (табл. 4).

Полигон Таранай. В прибрежной зоне полигона в летний период наблюдалось массовое развитие планктонных водорослей. В июне отмечено высокое видовое разнообразие – более 90 видов, из них *Cylindrotheca closterium* из диатомовых и *Plagioselmis prolunga* из криптофитовых отмечены в качестве доминантов по численности (N). В июле в фитопланктонном сообществе доминировал вид *Skeletonema costatum*. В августе доля диатомовых водорослей в общей численности составляла более 90 %, с доминированием *S. costatum*, *Chaetoceros radicans* и *Cerataulina pelagica* (табл. 4). При незначительном увеличении численности (в 1,2 раза), по сравнению с июльскими показателями, биомасса (B) повысилась более чем втрое, это объясняется высокими объемными характеристиками некоторых из преобладающих в планктоне видов. В этот период также было отмечено активное развитие потенциально токсичных видов *Pseudo-nitzschia pungens* и *Pseudo-nitzschia* sp., численность которых составляла $44,145 \times 10^3$ кл./л.

В сентябре и октябре развитие фитопланктона было умеренным, видовой состав представлен диатомовыми водорослями. Наблюдалось массовое развитие *Skeletonema costatum*, *Thalassionema frauenfeldii*, *Thalassiosira* sp. и *Asteroplanus karianus* (табл. 4). Потенциально токсичные виды рода *Pseudo-nitzschia* отмечены только в сентябре, при низких численных показателях.

Полигон Пригородное. В летний период развитие прибрежного фитопланктона, представленное преимущественно диатомовыми водорослями, было умеренным. В июне-июле наиболее обильное вегетирование было отмечено для видов *Cocconeis scutellum*

Окончание табл. 4

Таксон	Таранай			Пригородное			Аракуль			Антоново			Люблино			Шебунино		
	06	07	08	06	07	08	06	07	08	06	07	08	06	07	08	06	07	08
<i>Parlibellus delognei</i> (Van Heurck) Cox																		
<i>Phaeodactylum tricornutum</i> Bohlin			C															
<i>Placoneis amphibola</i> (Cleve) Cox						Д												
<i>Plagioselmis prolonga</i> Butcher							Д											
<i>Plagioselmis</i> sp.																		
<i>Pleurosigma angulatum</i> (Quekett) W. Smith																		
<i>P. elongatum</i> W. Smith																		
<i>P. formosum</i> W. Smith			C _B Д _B															
<i>Pleurosigma</i> sp.																		
<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (Cleve) Heiden																		
<i>P. cf. calliantha</i> Lundholm, Moestrup et Hasle			C															
<i>Pseudo-nitzschia</i> sp.																		
<i>Rhizosolenia setigera</i> Brightwell																		
<i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve			Д Д			C _B												
<i>Stellarima</i> sp.			C _B															
<i>Stephanopyxis turris</i> (Greville et Arnott) Ralfs																		
<i>Surirella</i> sp.																		
<i>Tabularia fasciculata</i> (C. Agardh) Williams et Round																		
<i>Tabularia</i> sp.																		
<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Tem-père et Peragallo			C _{N,B} Д			C												
<i>Th. nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky																		
<i>Thalassiosira baltica</i> (Grunow) Ostenfeld																		
<i>Th. eccentrica</i> (Ehrenberg) Cleve						C _B												
<i>Th. punctigera</i> (Castracane) Hasle			C _B															
<i>Thalassiosira</i> sp. 1			C			C _B												

и *Navicula* sp., а в августе, при отсутствии ярко выраженных доминантов, высокие показатели численности имели мелкоклеточные виды *Nitzschia amphibia* (19 %) и *Skeletonema costatum* (16 %), а также *Navicula directa* (8 %) из диатомовых, по биомассе доминировал вид *N. directa* (52 %). В этом же месяце численность потенциально токсичного вида *Pseudo-nitzschia* sp. составляла $0,412 \times 10^3$ кл./л.

В сентябре видовой состав фитопланктона был представлен диатомовыми, динофитовыми и криптофитовыми водорослями. Общую численность и биомассу фитопланктонного сообщества составляли диатомовые. В роли доминанта отмечен *Phaeodactylum tricornutum* в сочетании с субдоминантами *Fossula arctica* и *Plagioselmis prolunga*. В октябрьских планктонных альгосообществах зафиксированы только диатомовые водоросли, с доминированием по численности *Thalassionema frauenfeldii* и по биомассе – *Thalassiosira punctigera* (табл. 4). В осенний период из потенциально токсичных и вредоносных водорослей отмечены виды рода *Pseudo-nitzschia*, *Dinophysis acuminata* и *Ostreopsis siamensis* с низкими численными показателями.

Полигон Аракуль.

В летний период в прибрежном фитопланктоне развивались диатомовые, динофитовые, криптофитовые и зеленые водоросли. В июне, в период перестройки альгосообществ, отмечено снижение роли диатомей и значительное возрастание доли криптофитовых с *Plagioselmis prolunga* в роли основного доминанта, на долю которого приходилось 82,8 % от общей численности водорослей. Позднее, в июле, обильными были диатомовые и криптофитовые водоросли, вид *P. prolunga* по-прежнему имел в сообществе наиболее высокие значения численности – 16,0 %. В этот период, несмотря на умеренную численность планктонных водорослей в прибрежных водах, отмечено увеличение их общей биомассы по сравнению с июньским показателями (табл. 5). Вид *Skeletonema costatum* доминировал как по численности (36 %), так и по биомассе (39 %). Высокие значения биомассы, кроме указанного вида, зафиксированы для *Guinardia striata* (20,4 %). Потенциально токсичные виды рода *Pseudo-nitzschia* sp. и *Dinophysis acuminata* отмечены в июле и в августе при невысокой численности.

В осенний период (сентябрь) наблюдалась активная вегетация водорослей фитопланктона, общая численность организмов составляла $512,957 \times 10^3$ кл./л (табл. 5). В планктоне зафиксированы водоросли из семи отделов (табл. 6). Диатомовые водоросли доминировали в суммарной численности и биомассе. Отмечено массовое развитие *Skeletonema costatum* в сочетании с субдоминантами *Pseudo-nitzschia delicatissima* и *Phaeodactylum tricornutum* (табл. 4). Из группы потенциально токсичных и вредоносных видов водорослей при умеренной численности зафиксированы виды рода *Pseudo-nitzschia*, *Dinophysis acuminata* и *Prorocentrum micans*. В октябре фитопланктонное сообщество было представ-

Таблица 5

Количественные показатели фитопланктона у побережья о-ва Сахалин
(июнь–октябрь 2015 г.)

Месяц	Полигон					
	Антоново	Люблино	Шебунино	Таранай	Пригородное	Аракуль
Июнь	295,2	26,554	129,01	278,27	37,377	173,932
	199,80	26,20	192,30	427,10	45,61	13,64
Июль	1683,318	141,562	103,589	205,972	45,212	141,729
	2174,90	225,12	77,576	276,27	168,37	108,10
Август	60,298	2,822	1,147	254,948	32,998	124,961
	180,62	6,45	50,47	908,20	32,50	36,58
Сентябрь	108,963	81,569	53,706	110,419	34,795	512,957
	1524,70	77,01	89,62	272,13	19,49	422,51
Октябрь	203,353	70,323	44,212	38,395	15,061	143,489
	268,29	145,01	148,22	97,14	25,60	188,00

Примечание: в числителе – значения общей численности, $N \times 10^3$ кл./л, в знаменателе – общей биомассы, мг/м³.

лено диатомовыми, зелеными, динофитовыми, криптофитовыми и эвгленовыми водорослями. На долю диатомовых приходились наиболее высокие значения общих численности и биомассы. Отмечено доминирование *Teleaulax acuta* (50,4 %) в сочетании с субдоминантами *Chaetoceros socialis* и *Heterocapsa rotundatum*. Потенциально токсичные виды водорослей (виды рода *Pseudo-nitzschia* и *P. micans*) имели низкую численность.

Полигон Антоново.

Состав летнего прибрежного фитопланктона характеризовался наличием диатомовых, зеленых, криптофитовых и динофитовых водорослей в начале сезона и присутствием исключительно диатомовых водорослей в августе (табл. 4). К числу видов, преобладающих в июньских сообществах прибрежной зоны отнесены бентические и эпифитные диатомеи из родов *Cocconeis*, *Amphora*, *Tabularia* (табл. 5). В июле «цветение» воды было вызвано массовым развитием диатомовых водорослей вида *Nitzschia vitrea* (72,9 %) в комплексе с *Tabularia fasciculata*, которые и определили основные показатели численности и биомассы водорослей ($N_{\text{общ.}}=1683,318 \times 10^3$ кл./л, $B_{\text{общ.}}=2174,90$ мг/м³). В августе отмечено доминирование в альгосообществе вида *Melosira nummuloides*, составлявшего основу общих численности (73,3 %) и биомассы (96,1 %) водорослей данного участка. В этот период произошло значительное снижение уровня вегетации планктонных водорослей и значение суммарной численности водорослей по сравнению с июльскими показателями снизилось почти в 30 раз, а биомассы – более чем в 10 раз.

В сентябрьском фитопланктоне развивались водоросли из пяти отделов, основная доля численности приходилась на представителей диатомовых *Phaeodactylum tricornerutum* (31,8 %), бентических динофлагеллят *Ostreopsis* aff. *siamensis* (21,5 %) и зеленых *Chlamydomonas* sp. В октябре развитие водорослей фитопланктона было активным, отмечены диатомовые и динофитовые (табл. 6). Массовыми видами были, преимущественно, диатомовые: *Chaetoceros socialis* и другие представители этого рода, *Dactylosolen fragilissimus* и *Thalassionema nitzschioides*. Из группы потенциально токсичных водорослей отмечены с низкой численностью виды рода *Pseudo-nitzschia* (сентябрь–октябрь), *Prorocentrum micans* (октябрь) и массовое вегетирование эпифитного вида из динофлагеллят *Ostreopsis* aff. *siamensis* ($N=33,803 \times 10^3$ кл./л, сентябрь).

Полигон Люблино.

Летние фитопланктонные сообщества характеризуются развитием диатомовых, криптофитовых и динофитовых водорослей (в июне дополнительно зафиксированы водоросли из отдела Chlorophyta), но максимальную долю составляли диатомовые – от 48 до 88,6 % от общего количества клеток. В первый летний месяц доминанты не выявлены, а в роли субдоминантов отмечены несколько диатомовых и криптофитовых видов: *Nitzschia longissima*, *Cylindrotheca closterium*, *Achnanthes* sp. и *Plagioselmis prolunga* (табл. 4). Позднее, в июле, массового развития достигли, преимущественно, представители бентических диатомовых: доминант *Cocconeis scutellum*, субдоминанты – *C. costata*, *Cocconeis* sp., *Phaeodactylum tricornerutum*, а также вид *Eutreptia lanowii* из эвгленовых (6 % от общей численности). Следует отметить, что *E. lanowii* является индикатором органического загрязнения водной среды. Основу биомассы также формировали диатомовые водоросли вида *Cocconeis scutellum* (65,4 %). В августе *Plagioselmis punctata* из криптофитовых имел наиболее высокие количественные показатели (34,5 % от общего количества клеток), а виды *Alexandrium tamarense*, *Pseudo-nitzschia* cf. *pungens*, *Eutreptia lanowii*, *Fragilaria crotonensis* и *Gomphonema* sp. отмечены в качестве субдоминантов. Для августовского фитопланктонного сообщества отмечены наиболее низкие количественные показатели – $N_{\text{общ.}}=2,822 \times 10^3$ кл./л, $B_{\text{общ.}}=6,45$ мг/м³ (табл. 5). За период исследований в июне–августе зафиксирован потенциально токсичный *Alexandrium tamarense*.

Видовой состав осеннего прибрежного фитопланктона был представлен водорослями из пяти отделов – в сентябре и из семи – в октябре, но основу альгосообществ составляли диатомовые (табл. 6). В сентябрьском планктонном сообществе преобладающими по численности видами были представитель пелагических диатомовых *Phaeodactylum tricornerutum* (доминант), а также *Chlamydomonas* sp. из зеленых и *Plagioselmis* sp.

Таблица 6

Доля отделов в общей численности водорослей на прибрежных полигонах о-ва Сахалин
(июнь–октябрь 2015 г.)

Полигон/месяц	Bacillariophyta	Chlorophyta	Chrysoophyta	Cryptophyta	Cyanobacteria	Dinophyta	Euglenophyta	Haptophyta	Ochromytha
Антоново									
Июнь	92,7	2,8	0,0	3,5	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
Июль	98,8	0,2	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Август	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Сентябрь	56,3	1,1	0,0	5,8	1,1	35,8	0,0	0,0	0,0
Октябрь	97,9	0,0	0,0	1,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0
Люблино									
Июнь	88,6	2,0	0,0	6,7	0,0	2,7	0,0	0,0	0,0
Июль	78,3	0,0	0,0	11,6	0,0	10,1	0,0	0,0	0,0
Август	48,0	0,0	0,0	40,0	0,0	12,0	0,0	0,0	0,0
Сентябрь	79,5	4,8	0,8	10,5	0,0	4,4	0,0	0,0	0,0
Октябрь	90,3	0,1	0,0	5,2	0,9	1,5	0,0	1,0	1,0
Шебунино									
Июнь	71,3	2,1	0,0	19,4	1,3	6,0	0,0	0,0	0,0
Июль	86,9	5,0	0,0	7,8	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0
Август	99,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
Сентябрь	72,9	0,8	0,0	18,5	0,0	5,6	0,0	2,3	0,0
Октябрь	92,1	0,0	0,0	2,7	0,0	0,2	0,0	2,5	2,5
Таранай									
Июнь	69,3	8,0	0,0	10,0	0,0	12,8	0,0	0,0	0,0
Июль	99,2	0,3	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0
Август	98,7	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Сентябрь	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Октябрь	87,2	0,0	0,0	3,2	0,0	0,0	0,0	4,8	4,8
Аракуль									
Июнь	3,8	7,8	0	83,8	<0,01	4,4	0	0,4	0
Июль	65,8	3,4	0,0	24,3	0,0	6,5	0,0	0,0	0,0
Август	99,3	0,5	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
Сентябрь	58,5	3,5	0,0	32,0	4,0	1,5	0,0	0,3	0,1
Октябрь	32,7	3,7	0,0	51,1	0,0	12,0	0,4	0,0	0,0
Пригородное									
Июнь	79,4	4,1	0,0	12,4	0,0	4,1	0,0	0,0	0,0
Июль	93,2	1,2	0,0	4,8	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0
Август	89,1	0,0	0,0	7,3	0,0	0,0	0,0	1,8	1,8
Сентябрь	80,3	2,0	0,0	11,2	3,9	2,7	0,0	0,0	0,0
Октябрь	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Примечание: доля отделов водорослей выражена в % от общего числа клеток, отмеченных для каждого полигона о-ва Сахалин.

из криптофитовых (субдоминанты), а наибольшие значения биомассы отмечены для *Pleurosigma formosum*, *Cocconeis scutellum*, *Amphora lineolata* и *Ostreopsis* sp. (табл. 4). В октябре состав комплекса преобладающих видов полностью изменился, в него входили таксоны с высокими значениями численности – *Chaetoceros socialis*, *Chaetoceros* sp., *Thalassionema nitzschioides* и биомассы – *Dactyliosolen fragilissimus*, *Guinardia flaccida*, *Rhizosolenia setigera*, *Guinardia delicatula*, *Navicula transitans* var. *derasa* f. *delicatula* и *Cerataulina pelagica*. Из потенциально токсичных водорослей отмечены при низкой численности виды родов *Ostreopsis* (сентябрь), *Pseudo-nitzschia*, *Prorocentrum cordatum* (Ostenfeld) J.D. Dodge [= *P. minimum* (Pavillard) J.Schiller], *Alexandrium monilatum* (октябрь).

Полигон Шебунино.

Развитие летнего фитопланктона было умеренным, в июне–июле развивались диатомовые, зеленые, криптофитовые, динофитовые водоросли и цианобактерии, в августе – диатомовые и динофитовые. В июне высокие показатели численности и биомассы имели не определенные до вида водоросли рода *Thalassiosira*, а в июле по численности доминировали *Cylindrotheca closterium* и *Thalassionema nitzschioides* в сочетании с субдоминантом *Plagioselmis prolonga*, а по биомассе – представители бентических диатомовых *Navicula pusilla*, *Placoneis amphibola*, *Cocconeis scutellum*, *Gyrosigma acuminatum* var. *galica* и *Neidium dubium* (табл. 4). В августе развитие фитопланктона было незначительным, доминировали по численности (98,9 %) и биомассе (99 %) представители диатомовых водорослей рода *Pleurosigma* (*P. formosum*, *P. elongatum*). Единично встречались клетки *Alexandrium monilatum*.

В сентябре и октябре видовой состав фитопланктона был представлен, в основном, диатомовыми водорослями, на долю которых приходилось 72,9–92,1 % от общей численности клеток (табл. 6). Массовое развитие отмечено для видов *Cylindrotheca closterium* (доминант), *Fragilaria crotonensis*, *Plagioselmis* sp. и *Phaeodactylum tricornerutum* (субдоминанты). Высокие показатели биомассы имели также *Pleurosigma formosum* и *Ostreopsis siamensis*. В октябре в фитопланктоне доминировал *Leptocylindrus minimus* с высокими численными показателями. Из потенциально токсичных водорослей отмечены виды рода *Pseudo-nitzschia* при умеренной вегетации, а также *Ostreopsis siamensis*, *Ostreopsis* spp. и *Dinophysis* cf. *rapa*.

Заключение

Проведенные гидрохимические исследования на шести полигонах южного и юго-западного Сахалина показали высокую фотосинтетическую активность прибрежных растительных сообществ: содержание растворенного кислорода достигало 193 % в Татарском проливе и 188 % в заливе Анива. В случае воздействия сточных вод наблюдалось значительное ухудшение качества воды и быстрое снижение концентрации растворенного кислорода (до 5 %). В условиях активного фотосинтеза происходило увеличение значения рН (до 8,54–8,74).

В связи со стеническим гидродинамическим режимом содержание взвешенных веществ повсеместно превышало ПДК. Высокое содержание общего железа является типичным для района исследования и связано с береговым стоком. Содержание нефтепродуктов в воде не превышало предельно допустимых концентраций.

Развитие фитопланктона в прибрежных водах Татарского пролива и залива Анива с августа по октябрь лимитируется азотом и кремнием, а в июне–июле – фосфором.

Исследование особенностей развития фитопланктонных сообществ показало, что в летне-осенний период 2015 г. в прибрежной зоне юго-западного (Татарский пролив) и южного (зал. Анива) побережий о-ва Сахалин отмечено массовое развитие преимущественно диатомовых, криптофитовых и динофитовых водорослей. Видовой состав фитопланктона двух обследованных районов представлен 465 видами, разновидностями и фор-

мами водорослей из девяти отделов. В качестве преобладающих по численности и биомассе отмечены 107 видов, разновидностей и форм диатомовых, зеленых, криптофитовых, динофитовых и эвгленовых водорослей, и из них 24 вида водорослей выступали как численные доминанты, а остальные – только в роли субдоминантов.

У юго-западного побережья численность водорослей с июня по октябрь изменялась от $1,147 \times 10^3$ кл./л (август) до $1683,318 \times 10^3$ кл./л (июль); максимальная биомасса водорослей формировалась в июле – $2174,9$ мг/м³, минимальная отмечена в августе – $6,5$ мг/м³. Наиболее высокие количественные показатели водорослей планктона наблюдали на полигоне Антоново. У южного побережья численность водорослей варьировала от $15,061 \times 10^3$ (октябрь) до $512,957 \times 10^3$ кл./л (сентябрь), биомасса – от $13,6$ (июнь) до $908,20$ мг/м³ (август). По численности преобладали диатомовые водоросли, редко – криптофитовые. Наиболее высокие количественные показатели водорослей планктона наблюдали в устье р. Таранай. Таким образом, летний сезонный максимум наблюдали в июле на полигоне Антоново (юго-западное побережье), а осенний сезонный пик вегетации фитопланктона отмечен в сентябре на полигоне Аракуль (южное побережье).

В прибрежной зоне о-ва Сахалин отмечены потенциально токсичные и вредоносные водоросли: у юго-западного побережья, в основном, с умеренной или низкой численностью зарегистрированы виды рода *Pseudo-nitzschia* (только в октябре на полигоне Шебунино виды имели высокую численность), *Dinophysis* cf. *rapa*, *Prorocentrum micans*, *P. cordatum*, *Alexandrium monilatum*, а массовая вегетация зафиксирована у вида *Ostreopsis siamensis* в сентябре на полигоне Антоново. На полигонах южного побережья Сахалина отмечалось массовое развитие видов рода *Pseudo-nitzschia*, при умеренной или низкой численности – *Prorocentrum cordatum*, *P. balticum*, *P. micans*, *Dinophysis* aff. *arctica*, *D. acuminata*, *D. acuta*, *Ostreopsis siamensis*, *Alexandrium ostenfeldii*.

Литература

- Брянцева Ю.В. 2005. Индекс формы одноклеточных водорослей как новый морфометрический критерий // Экология моря. Вып. 67. С. 28–31.
- Водоросли. Справочник. 1989. Вассер С.П., Кондратьева Н.В., Масюк Н.П., Паламарь-Мордвинцева Г.М., Ветрова З.И. и др. 1989. Киев: Наукова думка. 608 с.
- Государственный водный кадастр. 2016: интернет ресурс. <http://textual.ru/gvr/2017/06/08/>.
- Лапко В.В., Балконская Л.А., Галанин Д.А., Похлебкина Я.В. 2007. Многолетняя динамика распределения сообщества ламинариевых водорослей в прибрежной зоне юго-западной части о. Сахалин (Японское море) // Отчет о научно-исследовательской работе «Промысловые водоросли прибрежной зоны», инв. № 10436. Южно-Сахалинск: Архив СахНИРО. 40 с.
- Латковская Е.М., Никулина Т.В., Могильникова Т.А., Коренева Т.Г. 2014. Материалы к изучению гидрохимических параметров и альгофлоры рек южной части о-ва Сахалин // Чтения памяти профессора В.Я. Леванидова. Вып. 6. Владивосток: Дальнаука, С. 380–392.
- Макарова И.В., Пичкилы Л.О. 1970. К некоторым вопросам методики вычисления биомассы фитопланктона // Бот. журн. Т. 55, № 10. С. 1488–1494.
- Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Фитопланктон и его продукция. 1984. Л.: ГосНИОРХ, ЗИН АН СССР. 32 с.
- Могильникова Т.А., Латковская Е.М., Коренева Т.Г. 2011. Гидрохимические условия развития летнего фитопланктона зал. Байкал (северо-западный Сахалин) // Чтения памяти профессора В.Я. Леванидова. Вып. 5. Владивосток: Дальнаука. С.360–369.
- Полтева А.В., Латковская Е.М., Леонов А.В. 2009. Оценка фонового экологического состояния залива Чайво (северо-восточный Сахалин) // Водные ресурсы. №1. С. 89–101.
- Приказ Минсельхоза № 552. 2016. Приказ Минсельхоза № 552 от 13 декабря 2016 года «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения». (<http://rulaws.ru/acts/Prikaz-Minselhoza-Rossii-ot-13.12.2016-N-552>, <http://docs.tehekspert.ru/document/420389120>)
- Радченко И.Г., Капков В.И., Федоров В.Д. 2010. Практическое руководство по сбору и анализу проб морского фитопланктона: Учебно-методическое пособие для студентов биологических специальностей университетов. М.: Мордвинцев. 60 с.
- Ресурсы поверхностных вод СССР. 1973. Дальний Восток. Сахалин и Курилы. Л.: Гидрометеоздат. Т. 18. Вып. 4. 262 с.

- Саматов А.Д., Латковская Е.М., Коренева Т.Г., Репина М.А., Галанин Д.А. 2010. Гидрохимические особенности прибрежной зоны Татарского пролива по результатам исследований в 2007–2008 гг. (на примере полигона Антоново) // Отчет о научно-исследовательской работе, инв. № 11199. Южно-Сахалинск: Архив СахНИРО. 78 с.
- Современные методы количественной оценки распределения морского планктона. 1983. М.: Наука. 280 с.
- Федоров В. Д. 1979. О методах изучения фитопланктона и его активности. М.: Изд-во Московского университета. С. 58–61.
- Galanin D., Balkonskaya L., Prokhorova N. 2010. Resources of *Laminaria (Saccharina) japonica* on the southwestern coast of Sakhalin island in recent years. Tasks of investigations for the near period // Bull. Fish. Res. Agen. № 32. P. 43–46.
- Guiry M.D., Guiry G.M. 2016. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org/2017/04/03/>.
- Manual on harmful marine microalgae. 1995. UNESCO. 551 p.
- Masaki T., Fujita D., Akioka H. 1981. Observation on the spore germination of *Laminaria japonica* on *Lithophyllum yessoense* (Rhodophyta, Corallinaceae) in culture // Bull. of the Faculty of Fisheries Hokkaido University. V. 32. P. 349–356.
- Nabata S., Abe E., Kakiuchi M. 1992. On the “Isoyake” condition in Taisei-cho, south-western Hokkaido // Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn. V. 38. P. 1–14.
- Noro T., Masaki T., Akioka H. 1983. Sublittoral distribution and reproductive periodicity of crustose coralline algae (Rhodophyta, Cryptonemiales) in southern Hokkaido, Japan // Bull. of the Faculty of Fisheries Hokkaido University. V. 34. P. 1–10.
- Redfield A.C., Ketchum B.H., Richards F.A. 1963. The influence of organisms on the composition of sea water // Sea. V. 2. P. 26–77.