

УДК 581.521.325

DOI: 10.15853/2072-8212.2018.50.63-76

## СТРУКТУРА И СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ФИТОПЛАНКТОНА ЛАГУННОГО ОЗЕРА ПТИЧЬЕГО (ЮЖНЫЙ САХАЛИН)

И.В. Мотылькова, Н.В. Коновалова



Мл. н. с.; мл. н. с.; Сахалинский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии  
693023 Южно-Сахалинск, Комсомольская, 196  
Тел.: 8 (914) 096-5205. E-mail: surirella@mail.ru

ФИТОПЛАНКТОН, ЛАГУНА, СЕЗОННОЕ РАЗВИТИЕ, ЮЖНЫЙ САХАЛИН

По результатам планктонных съемок в оз. Птичьем (Южный Сахалин) в 2012–2013 гг. изучен качественный состав и описана сезонная динамика количественных показателей и структурных особенностей фитопланктона морской лагуны, характеризующаяся отсутствием постоянной связи с морем. Было обнаружено 223 вида и внутривидовых таксона микроводорослей, среди которых преобладали диатомовые (119). Численность фитопланктона варьировалась от 0,04 до 1590,47 тыс. кл./л, биомасса — от 0,005 до 37 609,811 мг/м<sup>3</sup>. Отмечены весенний, летний и осенний пики численности и биомассы.

## STRUCTURE AND SEASONAL DYNAMICS OF PHYTOPLANKTON IN PTICHYE LAKE OF THE LAGOON-TYPE (SOUTH SAKHALIN)

Irina V. Motylkova, Natalya V. Konovalova

Researcher; Researcher; Sakhalin Research Institute of Fisheries and Oceanography  
693023 Yuzhno-Sakhalinsk, Komsomolskaya, 196  
Tel.: 8 (914) 096-5205. E-mail: surirella@mail.ru

PHYTOPLANKTON, LAGOON, SEASONAL DEVELOPMENT, SOUTHERN SAKHALIN

Based on the results of plankton surveys in 2012–2013, analysis of qualitative composition of phytoplankton was made and description of structural specifics and seasonal dynamics of quantitative indices was provided for the Ptichye Lake of a lagoon type (Southern Sakhalin), having no permanent water exchange with the sea. There were 223 microalgae species and intraspecific taxa revealed, where diatoms predominate (119). The density of the phytoplankton varied from 0.04 to 1590.47 thous. cells/l, and the biomass – from 0.005 to 37 609.811 mg/m<sup>3</sup>. Spring, summer and autumn peaks of phytoplankton density and biomass have been observed.

На восточном побережье Южного Сахалина расположено удивительное по своей красоте и уникальное по ряду гидрологических особенностей небольшое лагунное озеро Птичье. Одной из причин этих особенностей, влияющих на формирование биологических сообществ в озере, является «прерывистая» временная связь с морем, которая зависит от существования узкой протоки.

Оз. Птичье имеет большое значение для воспроизводства рыб, прежде всего прибрежных видов камбал (Мухаметова, 2014). Кроме этого, в озере обитают двустворчатые моллюски *Macoma balthica* (Linnaeus 1758), *Mytilus trossulus* Gould 1856 и *Arcuatula senhousia* (Benson in Cantor 1842) (Лабай и др., 2016). *Macoma balthica* служит основой питания многих видов донных рыб (Зенкевич, 1963), мидии *Mytilus trossulus* и *A. senhousia* употребляет в пищу человек. Как и все двустворчатые моллюски, они являются фильтраторами и в качестве усваиваемых частиц используют фитопланктон. Поэтому роль микроводорослей в функционировании данной экосистемы неоспорима, а сведения об их структурных и количественных характеристиках, позволяющих оценить экологиче-

ское состояние водоема на современном этапе, важны.

Целью данной работы является исследование в оз. Птичьем видового состава и сезонной динамики фитопланктона, как одного из компонентов кормовой базы водоема.

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Пробы фитопланктона отбирали батометром на шести станциях (рис. 1) из поверхностного горизонта, с глубины 5 м и 10 м ежемесячно с мая по ноябрь 2012 г. и в феврале 2013 г. На станции № 6 пробы отбирали с глубин 0, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10 м. Пробы фиксировали раствором Утермеля. Одновременно с отбором проб с помощью зонда YSI-85 проводили измерения температуры, солености воды, концентрации растворенного кислорода и pH.

Всего было отобрано 170 проб фитопланктона объемом 1,3–1,5 л. Концентрировали их с помощью воронки обратной фильтрации через нуклеопоровые лавсановые фильтры диаметром пор 3 мкм (Федоров, 1979; Радченко и др., 2010). Объем концентрата составлял 3–10 мл.

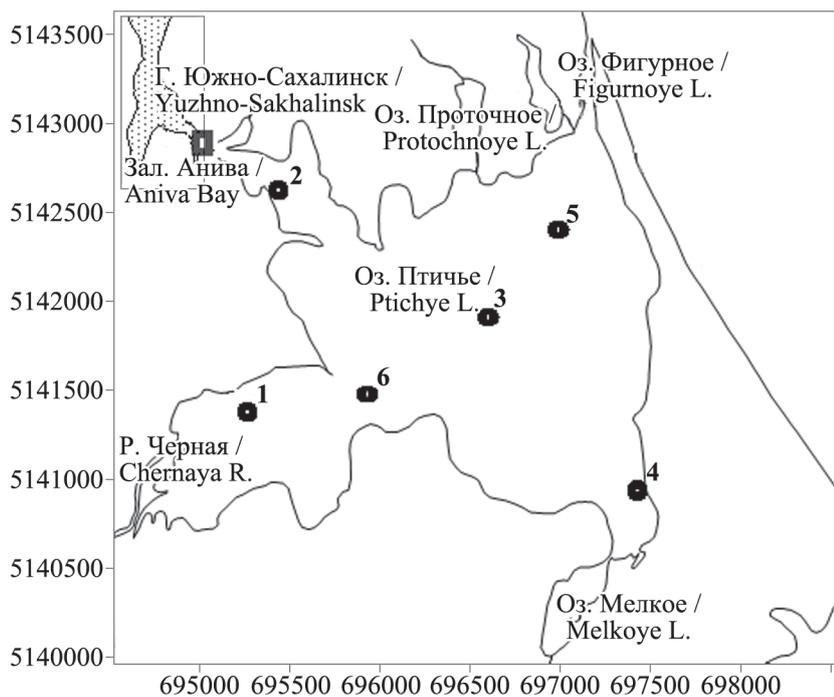


Рис. 1. Карта-схема района исследований. Расположение фитопланктонных станций на оз. Птичьё в 2012–2013 гг. Координаты в системе UTM (Universal Transverse Mercator coordinate system) Fig. 1. The schematic map of the research area. The sites of sampling phytoplankton on Ptichye Lake in 2012–2013. The coordinates are in the system UTM (Universal Transverse Mercator coordinate system)

Подсчет клеток и идентификацию видов проводили на световом микроскопе Leica при увеличении от  $\times 200$  до  $\times 1600$  в камере Нажотта объемом 0,05 мл. Крупные и редкие виды определяли в камере типа «Пенал» объемом 1 мл. Учитывались как планктонные, так и бентические формы микроводорослей. Определение организмов велось по имеющимся определителям (Барина, Медведева, 1996; Генкал, Трифонова, 2009; Коновалова и др., 1989; Диатомовые., 1974, 1988, 1992; Коновалова, 1998; Коновалова, Селина, 2010; Lange-Bertalot, 2001; Tomas, 1996; Horner, 2002; Thronsen et al., 2007; Hoppenrath et al., 2009). При таксономической идентификации использовали базу данных интернет-ресурса Algaebase ([www.algaebase.org](http://www.algaebase.org)).

Численность клеток ( $N$ ) определяли по формуле:

$$N = \frac{n(\text{кл}) \times v(\text{мл})}{V_{\text{камеры}}(\text{мл}) \times V_{\text{пробы}}(\text{л})},$$

где  $n$  — количество клеток в камере, кл.,  $v$  — объем сконцентрированной пробы, мл;  $V$  (камеры) — объем камеры, в которой осуществляются определение клеток и подсчет, мл;  $V$  (пробы) — объем пробы, л (Радченко и др., 2010).

Биомассу ( $B$ ) определяли, приравнивая клетки водорослей к определенным геометрическим фигурам (Кольцова, 1970; Макарова, Пичкилы, 1970, Радченко и др., 2010).

Доминирующими считали виды, численность и биомасса которых составляла не менее 20% от

общей численности и биомассы (Коновалова, 1984).

Частоту доминирования ( $DF$ ) рассчитывали согласно формуле:

$$DF = D/F \times 100,$$

где  $F$  — общее число обработанных проб за месяц;  $D$  — число проб за месяц, в которых данный вид занимал одно из трех первых мест по значениям численности или биомассе (Макаревич, 1966; Кожова, 1970).

Для оценки видового разнообразия фитопланктона использовали индекс Шеннона ( $H$ ):

$$H = -\sum n_i/N \log_2(n_i/N),$$

где  $n_i$  — оценка значимости каждого вида,  $N$  — сумма оценок значимости (Шитиков и др., 2005).

Степень выравненности сообщества оценивали с помощью индекса Э. Пиелу ( $e$ ):

$$e = H/\log_2 S,$$

где  $H$  — показатель общего видового разнообразия Шеннона,  $S$  — общее число видов (Pielou, 1966).

Для оценки степени доминирования рассчитывали индекс Симпсона ( $c$ ):

$$c = \sum (n_i/N)^2,$$

где  $n_i$  — оценка значимости каждого вида (численность, биомасса),  $N$  — сумма оценок значимости (Одум, 1986).

Для сравнения флористического состава фитопланктона оз. Птичьё с другими водоемами Южного Сахалина использовали коэффициент видового сходства Серенсена ( $J$ ):

$$J = 2 a/b+c,$$

где  $a$  — число общих видов,  $b$  и  $c$  — число видов в сравниваемых списках.

Средние значения численности, биомассы и индексов видового разнообразия для каждого месяца рассчитывали как средневзвешенные значения по всем станциям от поверхности до дна.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

### *Краткая физико-географическая характеристика района*

Лагунное оз. Птичье расположено на восточном побережье Тонино-Анивского полуострова, между мысами Менапуцы и Птичий Нос. Оно имеет длину 4,2 км, максимальную ширину 4,0 км. Площадь лагуны — около 3,2 км<sup>2</sup> (Бровко и др., 1995), средняя глубина 6,6 м, максимальная 13 м. Относится к типу лагун-эстуариев (Бровко, 1990). Озеро представляет собой затопленную морем во время среднеголоценовой трансгрессии приустьевую часть долины р. Черной, позднее отчлененную песчаной косой (Бровко, 1990; Бровко и др., 2002). Во время штормов протока обычно замыкается. Прорыву ее способствуют как климатические, так и антропогенные факторы. В озеро впадают четыре реки: Черная, Маячная, Мелкая, Арсеньевка. Кроме того, для него характерны многочисленные глубоко впадающие заливы, часть которых отчленена наносами от основной акватории (оз. Проточное и оз. Фигурное).

Морфологически оз. Птичье состоит из центрального плеса и нескольких заливов: северо-западного, западного (в который впадает р. Черная) и южного, часть которого была отчленена автодорожной насыпью с пропускной трубой в отдельное озеро (оз. Мелкое) (Лабай и др., 2016).

### *Краткая гидрологическая характеристика оз. Птичьего*

В период наших исследований по результатам измерений основных физико-химических характеристик воды была получена следующая гидрологическая картина. В мае на всей акватории оз. Птичьего наблюдалась гомотермия от поверхности до дна. Температура озера составляла в среднем 2,5 °С, изменяясь от 3,4 °С на поверхности до 2,2 °С у дна.

В июне, июле, августе и сентябре формировалась устойчивая двухслойная стратификация с теплым (до 20 °С в августе) поверхностным (2–5 м) и холодным (8,5–9,95 °С) нижним слоем.

В октябре образуется трехслойная структура с двумя термоклинами, разделяющими верхний метровый слой с температурой 10,5–11,0 °С, промежуточный трехметровый слой с температурой 12,0–14,0 °С и придонный холодный слой с температурой порядка 8,0 °С.

В ноябре температура воды верхнего холодного слоя, толщиной 5–6 м, составляла 6,0 °С, нижнего теплого (3 м) — 11,0 °С. Надо отметить, что в этот период температура воздуха достигала отрицательных значений, и на большей части акватории наблюдались начальные виды льда, не тающие даже в дневное время суток. В феврале устойчивый ледяной покров на озере достигал толщины 1 метр. В это время температура подо льдом в верхнем метровом слое была близка к точке замерзания 0–0,5 °С. С глубиной она плавно повышалась, достигая у дна 4,2 °С. В обоих случаях протока в момент проведения гидрологической съемки была закрыта, и водообмен с морем не осуществлялся. Уровень воды в нем превышал уровень моря более чем на 2 м.

Исходя из вышеизложенного, можно выделить следующие гидрологические сезоны: весна (май), лето (период с июня по сентябрь включительно), зима (ноябрь, февраль).

Вертикальное распределение солености на акватории озера во все сезоны представляет собой разделенную пикноклином двухслойную структуру. В верхнем распресненном слое соленость колеблется от 1,5 до 20,4 psu, в зависимости от сезона, стока и водообмена с морем; в нижнем характеризуется соленостью, близкой к морской. В придонном слое соленость сохраняется почти постоянной и колеблется в различные периоды года от 28,83 до 31,46 psu.

Зимой и весной (ноябрь–май) наблюдается повышение содержания кислорода от дна до поверхности. Летом (июнь–сентябрь) при открытой протоке картина вертикального распределения кислорода аналогична зимней. При закрытой протоке в верхней части нижнего слоя (вода, близкая по характеристикам к морской) отмечается слой повышенной концентрации кислорода, что соответствует слою активного продуцирования фитопланктона. Во всех случаях у дна в профундали наблюдается обедненный кислородом слой (Заварзин, Атаманова, 2014).

Во время наших исследований связь с морем отмечалась в мае, августе и сентябре.

### Таксономический состав и структурные характеристики фитопланктона

Всего в озере было обнаружено 223 вида и внутривидовых таксона из восьми отделов. Из них наибольшим числом видов были представлены отделы Bacillariophyta (119) и Dinophyta (88), наименьшим — Ochrophyta (6), Chlorophyta (4), Striptophyta (3), Cyanophyta (1), Euglenophyta (1), Cercozoa (1). Среди диатомовых водорослей две трети приходилось на долю литоральных и бентосных видов (72% от общего числа видов диатомей). Наиболее богаты видами были роды *Protoperdinium* (18 видов), *Navicula* (17), *Gymnodinium* (16) и *Nitzschia* (13).

Более половины видового списка (62%) формировали морские, морские-солонатоводные и солонатоводно-морские виды, проникающие в озеро через протоку из морского побережья. Доля пресноводных видов составляла 21%, пресноводно-солонатоводных — 10%, солонатоводных — 7%. Во все периоды исследований в озере было отмечено присутствие *Thalassionema nitzschioides*, *Plagioselmis prolunga*, *Gymnodinium galeatum*, *Heterocapsa rotundata*.

Число видов и внутривидовых таксонов в разные месяцы изменялось в пределах 22–84. Наибольшее видовое богатство пришлось на август и сентябрь, наименьшее — на февраль (рис. 2).

Значения индекса Шеннона, рассчитанного по численности, в течение периода исследований изменялись от 0,29 до 5,85 бит/экз.; индекса Пиелу — от 0,003 до 0,91 бит/экз.; индекса Симпсона, являющегося чувствительным индикатором доминирования одного или нескольких видов (Розенберг, 2007) — от 0,02 до 0,94 бит/экз. (рис. 2). Максимальные значения индекса Шеннона и ин-

декса Пиелу были отмечены в августе — 5,85 и 0,91 бит/экз. соответственно (рис. 2), т. е. именно в этот период фитопланктонное сообщество было наиболее разнообразным и обладало максимальной степенью сложности. Минимальное значение индекса Симпсона в августе (0,02 бит/экз.) свидетельствует, что в сообществе не было выявлено выраженного доминирующего вида, что еще раз указывает на сложность и разнообразие фитоценоза в августе. Согласно данным рисунка 2, диаметрально противоположная ситуация наблюдалась в ноябре. Показатели индексов Шеннона и Пиелу были минимальными (0,29 и 0,05 бит/экз. соответственно), а индекса Симпсона — максимальным (0,94 бит/экз.). Эти данные указывают, что в ноябре сообщество было невыровненным, значения численности различных видов отличались кардинально, при этом явно выделялись доминирующие виды.

### Сезонная динамика численности и биомассы фитопланктона

В сезонной динамике фитопланктона было выделено несколько пиков численности и биомассы (рис. 3). Следует отметить, что в данном мелководном водоеме фитопланктон в большей степени представлен типично бентосными таксонами, которые определяют его численность и биомассу. В весенний период отмечалась активная вегетация диатомовых водорослей. Их развитие определяло первый подъем биомассы, равно как и численности (рис. 3). Средняя биомасса в этот период составляла 2983,193 мг/м<sup>3</sup>. Максимальные ее значения (37,8 г/м<sup>3</sup>), при массовом развитии крупноклеточной бентической *Gyrosigma balticum* (табл. 1), были зарегистрированы в придонном

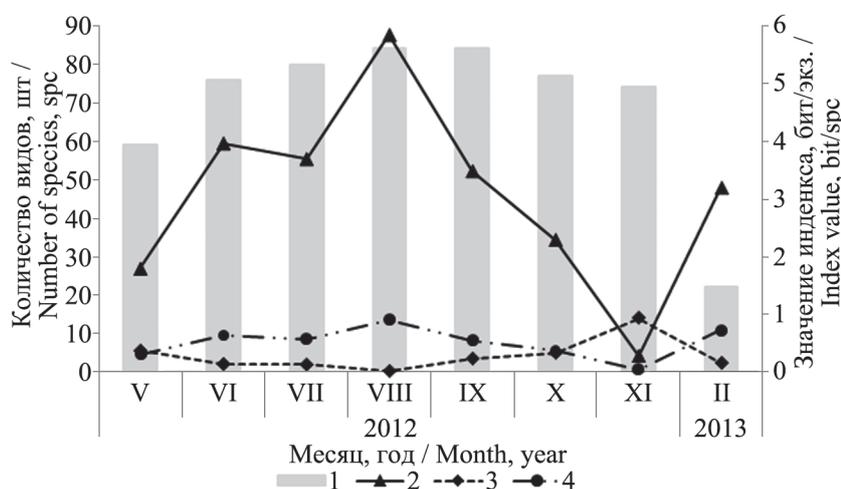


Рис. 2. Изменение количества видов (1), индексов разнообразия Шеннона (2), Симпсона (3) и выравнимости Пиелу (4) фитопланктона оз. Птичьего за период с мая по ноябрь 2012 г. и в феврале 2013 г.  
Fig. 2. The changes in the number of species (1), Shannon diversity indices (2), Simpson diversity indices (3) and Pielou equivalence (4) of phytoplankton of Ptichye Lake for the period from May to November of 2012 and February of 2013

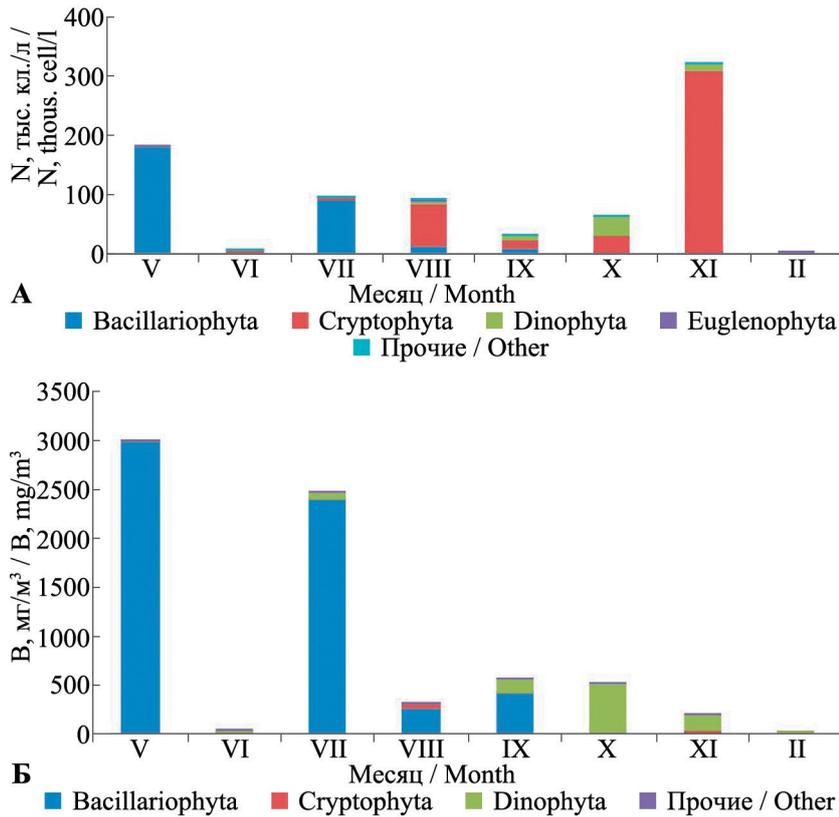


Рис. 3. Динамика средней численности (А) и средней биомассы (Б) фитопланктона оз. Птичьего в 2012–2013 гг.  
Fig. 3. The dynamics of the average density (А) and average biomass (Б) of phytoplankton of Ptichye Lake in 2012–2013

Таблица 1. Список доминирующих видов фитопланктона, обнаруженных в оз. Птичьем в период 2012–2013 гг.  
Table 1. The list of the dominants species of phytoplankton revealed in Ptichye Lake in 2012–2013

Отдел, вид / Division, species	Месяц / Month							
	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	II
BACILLARIOPHYTA								
<i>Amphora ocellata</i> Donkin	–	–	–	21 (5)	–	–	–	–
<i>Amphora ovalis</i> Kutzing	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Aulacoseira subarctica</i> (Otto Müller) E.Y. Haworth	–	–	–	–	–	–	–	25 (5)
<i>Caloneis formosa</i> (Gregory) Cleve	–	–	24 (5)	–	–	–	–	–
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg	–	–	–	–	–	–	28 (5)	–
<i>Ctenophora pulchella</i> (Ralfs ex Kutzing) D.M. Williams & Round	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Cyclotella</i> sp.	23–24 (4)	–	–	–	–	–	–	–
<i>Ditylum brightwellii</i> (West) Grun.	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Fragilariopsis oceanica</i> (Cleve) Hasle	22–75 (44) 23 (5)	63 (5)	–	–	–	–	–	–
<i>Gomphonema clavatum</i> Ehrenberg	–	–	–	–	–	–	–	50 (5) 77 (5)
<i>Gyrosigma balticum</i> (Ehrenberg) Rabenhorst	52 (4) 98 (5)	– 71 (5)	– 20–99 (19)	– 84 (5)	38 (5) 43–97 (9)	–	–	–

Таблица 1. Продолжение. Начало на с. 67  
Table 1. Continuation. Beginning on page 67

Отдел, вид / Division, species	Месяц / Month							
	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	II
<i>Melosira nummuloides</i> C. Agardh	–	–	–	–	–	–	<u>22 (5)</u> –	–
<i>Melosira varians</i> C. Agardh	–	–	–	–	–	–	–	<u>25 (5)</u> 49 (5)
<i>Navicula capitatoradiata</i> Germain	–	–	–	<u>28 (5)</u> –	–	–	–	–
<i>Navicula halophila</i> (Grunow) Cleve	–	– <u>37–49 (10)</u>	<u>27 (5)</u> 22 (5)	–	–	–	–	–
<i>Neidium affine</i> (Ehrenberg) Cleve	–	–	–	–	<u>20 (5)</u> –	–	–	–
<i>Neodenticula seminae</i> (R. Simonsen & T. Kanaya) Akiba & Yanagisawa	–	–	–	–	–	–	–	<u>25 (5)</u> –
<i>Nitzschia reversa</i> W. Smith	–	–	–	–	<u>33 (5)</u> –	–	–	–
<i>Odontella aurita</i> (Lyngbye) C. Agardh	–	– <u>40 (5)</u>	–	–	–	–	–	–
<i>Pleurosigma angulatum</i> (J.T. Quekett) W. Smith	–	– <u>21 (5)</u>	<u>44 (5)</u> –	–	–	–	–	–
<i>Pleurosigma elongatum</i> W. Smith	–	–	<u>29 (5)</u> <u>62–82 (10)</u>	–	<u>22–87 (10)</u> <u>27–98 (14)</u>	–	–	–
<i>Pleurosigma formosum</i> W. Smith	–	–	–	<u>91 (5)</u> <u>97 (5)</u>	–	–	–	–
<i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve	–	<u>25–40 (10)</u> –	–	–	<u>47 (5)</u> –	–	–	<u>36 (5)</u> –
<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Tempère & Peragallo	–	–	–	–	– <u>51 (5)</u>	–	–	–
<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky	–	–	–	–	–	–	–	<u>50 (5)</u> <u>85 (5)</u>
<i>Thalassiosira nordenskiöldii</i> Cleve	<u>23–43 (12)</u> <u>39–72 (23)</u>	–	–	–	–	–	–	–
<i>Thalassiosira</i> sp.	<u>23–90 (64)</u> <u>31–92 (95)</u>	–	–	–	–	–	–	–
CERCOZOA								
<i>Ebria tripartita</i> (Schumann) Lemmermann	–	–	– <u>70 (5)</u>	–	–	–	–	–
EUGLENOPHYTA								
<i>Euglena</i> sp.	–	<u>29–52 (20)</u> <u>52 (10)</u>	–	–	–	–	–	–
DINOPHYTA								
<i>Akashiwo sanguinea</i> (Hirasaka) G. Hansen & Moestrup	–	–	–	– <u>26–40 (15)</u>	– <u>46 (5)</u>	–	–	–
<i>Dinophysis acuminata</i> Claparède & Lachmann	–	–	–	–	–	– <u>20–38 (10)</u>	<u>21–45 (29)</u> <u>27–85 (53)</u>	–

Таблица 1. Продолжение. Начало на с. 67  
Table 1. Continuation. Beginning on page 67

Отдел, вид / Division, species	Месяц / Month							
	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	II
<i>Dinophysis acuta</i> Ehrenberg	–	<u>42–55 (10)</u> –	–	–	–	–	–	–
<i>Dinophysis norvegica</i> Claparede & Lacurann	–	–	<u>–</u> 71 (5)	–	–	–	–	–
<i>Gonyaulax diegensis</i> Kofoid	–	–	<u>–</u> 31–44 (10)	–	–	–	–	–
<i>Gonyaulax digitalis</i> (C.H.G. Pouchet) Kofoid	–	–	<u>63 (5)</u> 56–93 (10)	–	–	–	–	–
<i>Gonyaulax polygramma</i> Stein	–	<u>–</u> 36–76 (10)	–	–	–	–	–	–
<i>Gonyaulax spinifera</i> (Claparede & Lachmann) Diesing	–	–	<u>–</u> 55 (5)	–	–	–	–	–
<i>Gymnodinium albulum</i> Lind	–	–	–	–	–	–	–	<u>33 (5)</u> –
<i>Gymnodinium frigidum</i> Balech	–	–	–	–	–	–	–	<u>–</u> 87 (5)
<i>Gymnodinium galeatum</i> Larsen	–	<u>28 (5)</u> 21–49 (10)	–	–	<u>23 (5)</u> –	–	–	<u>21–50 (9)</u> 20 (5)
<i>Gymnodinium simplex</i> (Lohmann) Kofoid & Swezy	–	–	<u>22 (5)</u> –	–	–	–	–	–
<i>Gymnodinium wulffii</i> J. Schiller	–	–	–	–	–	–	–	<u>25 (5)</u> 34 (5)
<i>Gyrodinium formosum</i> Campbell	–	–	–	–	–	–	–	<u>33 (5)</u> –
<i>Gyrodinium spirale</i> (Bergh) Kofoid et Swezy	–	–	–	<u>–</u> 25 (5)	–	–	–	<u>33 (5)</u> 50 (5)
<i>Heterocapsa rotundata</i> (Lohmann) Gert Hanse	–	–	–	<u>–</u> 21 (5)	–	<u>22 (5)</u> –	<u>49 (5)</u> 63 (5)	<u>33 (5)</u> –
<i>Katodinium glaucum</i> (Lebour) Loeblich	–	<u>27 (5)</u> 21–24 (10)	–	–	–	–	–	–
<i>Nematopsides vigilans</i> (Marshall) Greuet	–	<u>–</u> 22 (5)	–	–	–	<u>–</u> 34 (5)	–	–
<i>Noctiluca scintillans</i> (Macartney) Kofoid & Swezy	–	<u>–</u> 81–98 (10)	<u>–</u> 65–97 (15)	–	<u>–</u> 29 (5)	–	–	–
<i>Oblea baculifera</i> Balech	–	–	–	–	–	<u>27–29 (9)</u> –	–	–
<i>Protoperidinium bipes</i> (Paulsen) Balech	–	<u>–</u> 34 (5)	–	–	–	–	–	–
<i>Protoperidinium brevipes</i> (Paulsen) Balech	–	–	–	–	–	–	–	<u>25–100 (14)</u> 40–100 (19)
<i>Protoperidinium conicum</i> (Gran) Balech	–	<u>–</u> 27 (5)	–	–	–	–	–	–
<i>Protoperidinium oblongum</i> (Aurivillius) Parke et Dodge	–	<u>–</u> 29 (5)	–	–	–	–	–	–

Таблица 1. Окончание. Начало на с. 67  
Table 1. The end. Beginning on page 67

Отдел, вид / Division, species	Месяц / Month							
	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	II
<i>Protoperidinium pellucidum</i> Bergh	–	– 22–42 (15)	–	– 31–33 (11)	– 49 (5)	–	–	–
<i>Protoperidinium steinii</i> (Jorgensen) Balech	–	–	–	– 22 (5)	–	– 33 (5)	–	–
<i>Tripus fusus</i> (Ehrenberg) F. Gómez	–	–	–	– 25 (5)	20–71 (46) 26–97 (55)	27–91 (59) 20–94 (77)	22–82 (33) 27–91 (48)	25–100 (19) 95–100(4)
<i>Tripus longipes</i> (Bailey) F. Gómez	–	–	38–46 (10) 28–76 (15)	–	– 23–35 (18)	– 24–32 (9)	–	–
CRYPTOPHYTA								
<i>Plagioselmis prolonga</i> Butcher ex G. Novarino, I.A.N. Lucas, & S. Morrall	39 (8) –	21–83 (55) –	24–75 (53) –	21–29 (21) –	82–97 (23) 49–83(9)	24–78 (64) 20 (5)	24–99 (62) 22–98 (43)	21–100 (62) 23–100 (25)
<i>Teleaulax acuta</i> (Butcher) Hill	–	–	27–32 (10) –	32–99 (79) –	–	–	–	36–100 (15) 91–100 (10)
CHLOROPHYTA								
<i>Tetradesmus obliquus</i> (Turpin) M.J. Wynne	–	–	–	–	–	25 (5) –	–	–

Примечание: над чертой относительная численность (% от общей численности на станциях), в скобках — частота доминирования по численности; под чертой — относительная биомасса (% от общей биомассы на станциях), в скобках частота доминирования по биомассе.

Note: the relative density is above the line (% in the total density at the stations), the abundance dominance frequency – in the brackets; the relative biomass – below the line (% in the total biomass at the stations), the biomass dominance frequency – in the brackets.

слое в северо-западном заливе (рис. 4). В этот период, когда протока была максимально открыта, а проникновение морских микроводорослей более интенсивным, в роли основных структурообразующих видов выступали морские диатомеи *Thalassiosira nordenskioldii*, *Thalassiosira* sp., *Fragilariopsis oceanica* (табл. 1).

Далее, в июне, несмотря на повышение температуры воды, наблюдалось заметное снижение количественных показателей фитопланктона: численность на станциях не превышала 17,421 тыс. кл./л, составляя в среднем 6,117 тыс. кл./л, биомасса — 265,968 мг/м<sup>3</sup> при среднем значении 36,91 мг/м<sup>3</sup>.

В июле на фоне увеличения численности (при среднем значении 93,177 тыс. кл./л) отмечался второй пик развития биомассы, среднее значение которой составляло 2451,72 мг/м<sup>3</sup> (рис. 3). Количество фитопланктон преобладал в придонном слое в зал. Западном (станция 6) и в заливе Северо-Западном (станция 2) (рис. 5Б). Здесь наблюдалось интенсивное развитие бентосных диатомей *Pleurosigma elongatum* и *Gyrosigma balticum*. Надо отметить, что бентосные диатомеи наряду с другими микроводорослями (табл. 1) выступали в роли доминирующих видов и у поверхности воды, что связано со штормовыми явлениями, наблюдавшимися в это время.

В августе наблюдалось незначительное снижение средней численности (до 88,527 тыс. кл./л) и заметное уменьшение средней биомассы (почти в 8 раз) (рис. 3). Активно в этот период развивались криптофитовые при доминировании по численности *Teleaulax acuta* и *P. prolonga*. По биомассе в придонном слое по-прежнему значимыми оставались *P. elongatum*, *G. balticum*. У поверхности воды, благодаря активному водообмену с морем, доминировали морские *Gyrodinium spirale*, *Gyrosigma distortum*, *Akashiwo sanguinea*, *Tripus fusus* и *Teleaulax acuta* (табл. 1).

В сентябре, вновь за счет интенсивного развития в придонных слоях крупноклеточных бентических *P. elongatum* и *G. balticum*, наблюдался незначительный подъем биомассы фитопланктона (рис. 3Б). В западном и южном заливах озера значения ее достигали 3,2–4,6 мг/м<sup>3</sup> (рис. 4Б). Средняя численность в это время составляла 30,930 тыс. кл./л, средняя биомасса — 565,51 мг/м<sup>3</sup>. Среди отделов преобладали криптофитовые, динофитовые и диатомовые водоросли (рис. 3). Состав доминирующих видов, как по численности, так и по биомассе, оставался практически неизменным. Но доленое участие отдельных видов (*T. fusus*, *P. prolonga*) значительно возросло (табл. 1).

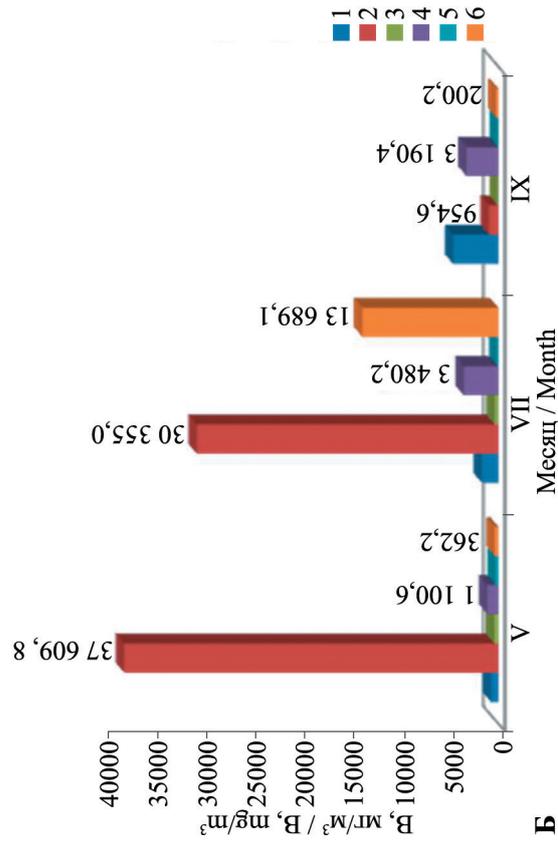
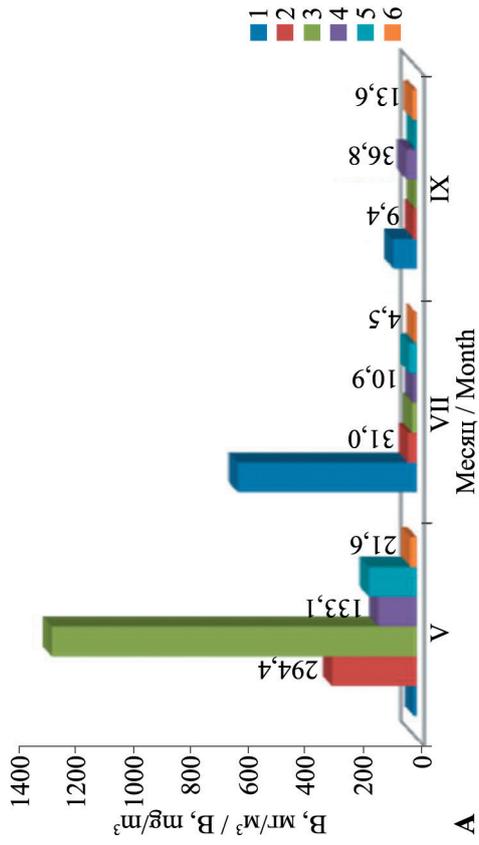


Рис. 5. Распределение биомассы фитопланктона в поверхностном (А) и придонном (Б) слоях в периоды подъемов биомассы. 1, 2, 3, 4, 5, 6 — номера станций

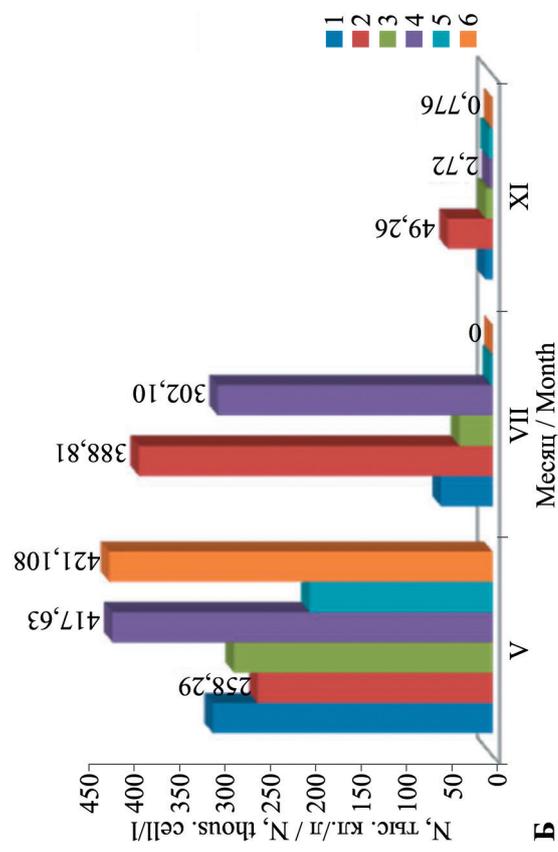
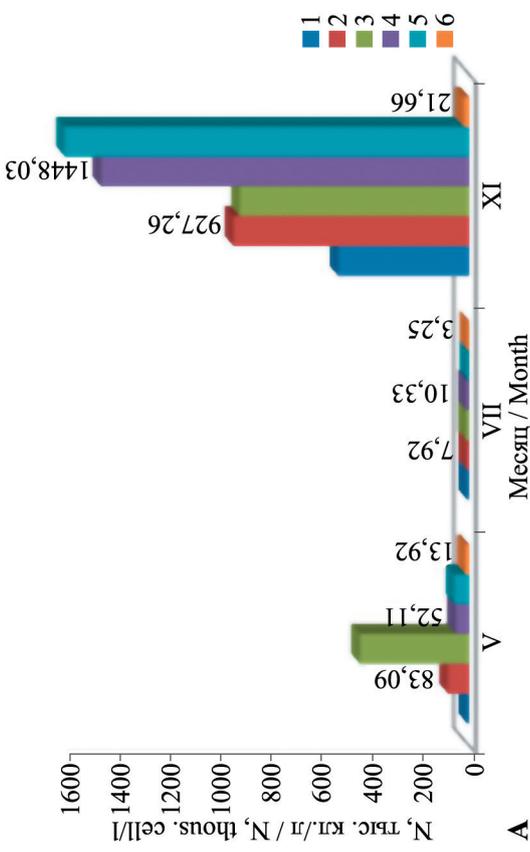


Рис. 4. Распределение численности фитопланктона в поверхностном (А) и придонном (Б) слоях в периоды подъемов численности. 1, 2, 3, 4, 5, 6 — номера станций

Fig. 5. Distribution of phytoplankton biomass in the surface (A) and bottom (B) layers in the periods of high biomass. 1, 2, 3, 4, 5, 6 — the numbers of sampling sites

Fig. 4. The phytoplankton density distribution in the surface (A) and bottom (B) layers in the periods of high density. 1, 2, 3, 4, 5, 6 — the numbers of sampling sites

В октябре развитие фитопланктона было умеренным: средняя биомасса держалась на уровне  $500 \text{ мг/м}^3$ , средняя численность составляла 61,74 тыс. кл./л. Среди отделов доминировали динофитовые (по численности и биомассе) и криптофитовые (по численности). Основными структурообразующими элементами были *P. prolonga* и *T. fusus*.

В ноябре, при закрытой протоке, был зарегистрирован годовой максимум численности фитопланктона — 1590,47 тыс. кл./л. Ее среднее значение составляло 318,347 тыс. кл./л (рис. 3А). Скопление фитопланктона наблюдалось у поверхности воды с наибольшей концентрацией в зал. Южном и прилегающих к протоке водах озера (рис. 5А). В это время активизировались криптофитовые водоросли. Их численность составляла 97% от общей среднемесячной. Несмотря на это, биомасса фитопланктона шла на убыль за счет уменьшения количества крупноклеточных бентосных видов диатомей (рис. 3Б). Комплекс доминирующих видов, как по численности, так и по биомассе, формировали *P. prolonga*, *T. fusus*, *Dinophysis acuminata*, *Heterocapsa rotundata* (табл. 1).

В феврале развитие фитопланктона было слабым. Численность его в озере не превышала 0,7 тыс. кл./л, биомасса —  $6 \text{ мг/м}^3$ . В среднем эти показатели составляли 0,167 тыс. кл./л и  $0,71 \text{ мг/м}^3$ .

Качественный состав фитопланктона, характеризующийся разнообразием видов по отношению к местообитанию и солености, обусловлен мелководностью водоема и нестабильностью гидрологических процессов в нем. Оценка сходства альгофлор на основе видовых списков фитопланктона оз. Птичьего с таковыми других лагун Южного Сахалина показало, что наиболее близки оз. Изменчивое и оз. Птичье ( $J = 0,43$ ), оз. Тунайча и оз. Птичье ( $J = 0,38$ ). Кроме того, для этих лагун характерны общие тенденции количественных изменений в видовом составе: в теплое время года количество видов увеличивается, в зимний период — напротив, заметно сокращается (Лабай и др., 2014; Мотылькова, Коновалова, 2010, 2012).

Сезонный ход развития количественных показателей фитопланктона в оз. Птичьем описывался трехвершинной кривой и характеризовался наличием весеннего, летнего и осеннего пиков. Несколько максимумов биомассы и депрессий в развитии фитопланктона в сезоне свойственно для мезотрофных водоемов умеренной зоны (Трифопова, 1990). Весенний пик биомассы, наблюдаемый

при открытой протоке, формировали морские диатомеи. Доминирование диатомовых водорослей в весенний период характерно для фитопланктона эстуариев Мирового океана (Brogueira et al., 2007) и закономерно для лагунных водоемов южной части Сахалина (Колганова, 1980; Мотылькова, Коновалова, 2010, 2012; Коновалова, 2016).

Одной из особенностей в формировании структуры фитопланктонного сообщества в озере является весомый вклад бентосных форм диатомей. Значимость их в планктоне отмечена многими исследователями (Прошкина-Лавренко, 1963; Корнева, 2009). Наличие бентосных форм водорослей в толще воды благоприятствует как увеличению, так и разнообразию планктонных альгоценозов (Соловьева, Корнева, 2006). И именно с ними, при доминировании крупноклеточных видов родов *Pleurosigma* и *Gyrosigma*, был связан летний пик биомассы фитопланктона в оз. Птичьем.

Между весенним и летним пиком наблюдалась фаза «чистой воды», которая прослеживается во многих мезотрофных озерах Европы (Sommer et al., 1986). Фитопланктон по всем количественным показателям в это время беден. В лагунных водоемах Южного Сахалина этот период приходится на июнь (Мотылькова, Коновалова, 2010, 2012) или июль (Коновалова, 2016). В оз. Птичьем эта фаза наблюдалась в июне, что связано с сезонными перестройками в структуре сообщества.

Осенний пик биомассы определяли бентосные диатомеи и морские динофитовые водоросли. Последние отличаются значительным долевым участием в формировании биомассы фитопланктона в лагунах и прибрежных водах о-ва Сахалин в летне-осенний период (Колганова, 1980; Лабай и др., 2008; Мотылькова, Коновалова, 2010, 2012; Коновалова, 2016; Могильникова и др., 2017).

В целом, сезонная динамика структуры фитопланктона подчиняется общим закономерностям функционирования пелагических фитоценозов эстуарных экосистем умеренных и высоких широт, где в весенний и летний периоды преобладают диатомовые, а в поздне-осенний и зимний периоды наблюдается абсолютное доминирование динофитовых при содоминировании с мелкими жгутиконосцами (Макаревич, Олейник, 2007, 2009). В умеренных широтах в период зимней сукцессии фитопланктона отмечен годовой минимум активности фитопланктона (Макаревич, Олейник, 2007). Однако в ноябре в оз. Птичьем

было зарегистрировано бурное развитие криптонад. Отсутствие конкурирующих видов, слабое развитие зоопланктона (Заварзин, Атаманова, 2014), а также ряд специфических черт, присущих этой группе водорослей, таких как высокая скорость роста, мобильность, толерантность к низкому уровню освещенности (Steward, Wetzel, 1986), способность к осмо- и фаготрофии (Корнева, 2009), обусловили такую вспышку криптофитовых.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Видовой список фитопланктона лагунного оз. Птичьего представлен 223 видами и внутривидовыми таксонами. Флора микроводорослей сходна с лагунным оз. Изменчивым.

Сезонная динамика характеризуется тремя подъемами численности и биомассы (весенний, летний и осенний). Огромную роль в формировании количественных показателей в весеннее и летнее время играют бентосные диатомеи, в осеннее и зимнее — морские криптонады и динофлагелляты.

Наибольшие значения среднесезонной численности (318,347 тыс. кл./л) были зарегистрированы в ноябре — в основном, за счет развития *Plagioselmis prolunga*; биомассы — в мае при доминировании крупноклеточной бентической диатомеи *Gyrosigma balticum* (2983,193 мг/м<sup>3</sup>).

## БЛАГОДАРНОСТИ

Выражаем искреннюю благодарность всем сотрудникам СахНИРО, принимавшим участие в сборе материала.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Баринова С.С., Медведева Л.А. 1996. Атлас водорослей-индикаторов сапробности (российский Дальний Восток). Владивосток: Дальнаука. 364 с.

Бровко П.Ф. 1990. Развитие прибрежных лагун. Владивосток: ДВГУ. 148 с.

Бровко П.Ф., Микишин Ю.А., Рыбаков В.Ф., Василевская Л.Н., Храпко О.В., Коноваленко В.А. 1995. Природа Корсаковского района. Владивосток: ДВГУ. 91 с.

Бровко П.Ф., Микишин Ю.А., Рыбаков В.Ф., Володарский А.Н., Терентьев Н.С., Токарчук Т.Н. 2002. Лагуны Сахалина. Владивосток: ДВГУ. 80 с.

Генкал С.И., Трифонова И.С. 2009. Диатомовые водоросли планктона Ладожского озера и водоемов его бассейна. Рыбинское изд-во ОАО «Рыбинский Дом печати». 72 с.

Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные). 1974. Т. 1. Л.: Наука, Ленингр. отд-е. 403 с.

Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные). 1988. Т. 2, вып. 1. Л.: Наука. 116 с.

Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные). 1992. Т. 2, вып. 2. СПб.: Наука. 125 с.

Заварзин Д.С., Атаманова И.А. 2014. Сезонная динамика зоопланктона озера Птичье и прилегающего морского побережья Южного Сахалина // Чтения памяти В.Я. Леванидова. Владивосток: Дальнаука. Вып. 6. С. 239–249.

Зенкевич Л.А. 1963. Биология морей СССР. М.: Изд. АН СССР. 739 с.

Кожова О.М. 1970. Формирование фитопланктона Братского водохранилища / Формирование природ. условий и жизни Братского водохранилища: Сб. ст. Под ред. Г.И. Галазий. М.: Наука. С. 26–160.

Колганова Т.Н. 1980. Сезонное распределение фитопланктона в лагуне Буссе (залив Анива) / Распределение и рациональное использование водных зооресурсов Сахалина и Курильских островов. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. С. 3–7.

Кольцова Т.И. 1970. Определение объема и поверхности клеток фитопланктона // Науч. док. Высш. школы. Биологические науки. № 6. С. 114–120.

Коновалова Г.В. 1984. Структура планктонного фитоценоза залива Восток Японского моря // Биология моря. № 1. С. 13–23.

Коновалова Г.В. 1998. Динофлагелляты (Dinophyta) дальневосточных морей России и сопредельных акваторий Тихого океана. Владивосток: Дальнаука. 398 с.

Коновалова Г.В., Орлова Т.Ю., Паутова Л.А. 1989. Атлас фитопланктона Японского моря. Л.: Наука. 157 с.

Коновалова Г.В., Селина М.С. 2010. Динофитовые водоросли (Dinophyta). Владивосток: Дальнаука, 352 с.

Коновалова Н.В. 2016. Современное состояние фитопланктона лагуны Буссе (о. Сахалин) // Матер. V Междунар. науч. конф. «Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды» (Минск–Нарочь, 12–17 сентября 2016 г.). Минск: БГУ. С. 150.

Корнева Л.Г. 2009. Формирование фитопланктона водоемов бассейна Волги под влиянием природных и антропогенных факторов. Автореф. дис. ... д. б. н. СПб.: Институт озероведения РАН. 47 с.

Лабай В.С., Атаманова И.А., Заварзин Д.С., Мотылькова И.В., Мухаметова О.Н., Никитин В.Д. 2014. Водоемы острова Сахалин: от лагун к озерам. Сер.: Естест. ист. Сахалина и Курильских о-вов. Южно-Сахалинск: Сах. обл. краевед. музей. 208 с.

- Лабай В.С., Курилова Н.В., Шпилько Т.С. 2016. Сезонная изменчивость макрозообентоса в лагуне с периодической связью с морем (озеро Птичьё, Южный Сахалин) // Зоологич. журнал. Т. 95, № 5. С. 524–539.
- Лабай В.С., Мотылькова И.В., Коновалова Н.В., Немчинова И.А., Мухаметова О.Н., Жуковский С.Б., Саматов А.Д. 2008. Краткая гидробиологическая характеристика прибрежных мелководий Охотского моря у Северо-Восточного Сахалина // Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях. Тр. СахНИИРО. Т. 10. С. 3–34.
- Макаревич В.Н. 1966. Голландские методы учета обилия видов по де-Фризу в сравнении с другими методами определения участия видов в луговых травостоях // Ботанич. журнал. Т. 51, № 2. С. 293–304.
- Макаревич П.Р., Олейник А.А. 2007. Концепция функционирования сообществ фитопланктона в эстуарных бассейнах высоких и умеренных широт // Вестник ЮНЦ РАН. Т. 3. № 2. С. 57–63.
- Макаревич П.Р., Олейник А.А. 2009. Структура годового цикла развития фитопланктонного сообщества Обь-Енисейского мелководья Карского моря // Доклады Академии наук. Т. 426, № 3. С. 397–399.
- Макарова И.В., Пичкилы Л.О. 1970. К некоторым вопросам методики вычисления биомассы фитопланктона // Ботанич. журнал. Т. 55, № 10. С. 1488–1494.
- Могильникова Т.А., Никулина Т.В., Коренева Т.Г., Латковская Е.М., Ведерникова А.А. 2017. Фитопланктон и химические показатели прибрежных вод Юго-Западного и Южного Сахалина (Татарский пролив, залив Анива) // Чтения памяти проф. В.Я. Леванидова. Владивосток: ФНЦ биоразнообразия ДВО РАН. Вып. 7. С. 151–167.
- Мотылькова И.В., Коновалова Н.В. 2010. Сезонная динамика фитопланктона лагунного озера Изменчивое (Юго-Восточный Сахалин) // Биология моря. Т. 36, № 2. С. 88–93.
- Мотылькова И.В., Коновалова Н.В. 2012. Динамика фитопланктона лагунного озера Тунайча (Южный Сахалин) // Гидробиол. журнал. Т. 48, № 5. С. 30–38.
- Мухаметова О.Н. 2014. Особенности формирования лагунных ихтиопланктонных комплексов на примере озера Птичьёго (Юго-Восточный Сахалин) // Чтения памяти В.Я. Леванидова. Владивосток: Дальнаука. Вып. 6. С. 453–463.
- Одум Ю. 1986. Экология. В 2-х т. М.: Мир. Т. 2. 376 с.
- Прошкина-Лавренко А.И. 1963. Диатомовые водоросли бентоса Черного моря. М.-Л.: Ленинградское отделение АН СССР. 243 с.
- Радченко И.Г., Капков В.И., Федоров В.Д. 2010. Практическое руководство по сбору и анализу проб морского фитопланктона: Учебно-метод. пособие для студентов биол. спец. М.: Мордвинцев. 60 с.
- Розенберг Г.С. 2007. Несколько слов об индексе разнообразия Симпсона // Самарская наука. Т. 16, № 3 (21). С. 581–584.
- Соловьева В.В., Корнева Л.Г. 2006. Структура и динамика фитопланктона мелководий и пелагиали Волжского плеса Рыбинского водохранилища // Биология внутр. вод. № 4. С. 34–41.
- Трифонова И.С. 1990. Экология и сукцессия озерного фитопланктона Л.: Наука. 184 с.
- Федоров В.Д. 1979. О методах изучения фитопланктона и его активности. М.: МГУ. 166 с.
- Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. 2005. Количественная гидроэкология: методы, критерии, решения. Кн. 2. М.: Наука. 337 с.
- Brogueira M.J., Olveira M.R., Cabeçadas G. 2007. Phytoplankton community structure defined by key environmental variables in Tagus estuary, Portugal // Mar. Environ. Res. Vol. 64. P. 616–628.
- Hoppenrath M., Elbrachter M., Drebes G. 2009. Marine phytoplankton. Selected microphytoplankton species from the North Sea around Helgoland and Sylt. Stuttgart: Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 264 p.
- Horner R.A. 2002. A taxonomic guide to some common marine phytoplankton. Bristol: Biopress Ltd. 195 с.
- Lange-Bertalot H. 2001. Navicula sensu stricto 10 Genera from Navicula sensu lato Frustulia. Vol. 2. 525 с.
- Pielou E.C. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collection // J. Theor. Biol. № 13. P. 131–144.
- Sommer U., Gliwicz Z.M., Lampert W., Dancean A. 1986. The PEG-model of seasonal succession of planktonic events in fresh waters // Arch. Hydrobiol. b. 106, h. 3. P. 433–463.
- Stewart A.J., Wetzel R.G. 1986. Cryptophytes and other microflagellates as couplers in planktonic community dynamics // Arch. Hydrobiol. b. 106, h. 1. P. 1–19.
- Thrandsen J., Hasle G.R., Tangen K. 2007. Phytoplankton of Norwegian coastal waters. Oslo: Almatforlag As. 343 p.

Tomas C.R. 1996. Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates. USA: Academic Press, Inc. 598 p.

## REFERENCES

- Barinova S.S., Medvedeva L.A. *Atlas vodorosley-indikatorov saprobnosti (rossiyskiy Dalniy Vostok)* [Atlas of the Algal Indicators of Saprobity (Russian Far East)]. Vladivostok: Dalnauka, 1996, 364 p.
- Brovko P.F. *Razvitiye pribrezhnykh lagun* [Development of coastal lagoons]. Vladivostok: DVGU, 1990, 148 p.
- Brovko P.F., Mikishin Y.A., Rybakov V.F., Vasilevskaya L.N., Khrapko O.V., Konovalenko V.A. *Priroda Korsakovskogo rayona* [Nature of the Korsakov district]. Vladivostok: DVGU, 1995, 91 p.
- Brovko P.F., Mikishin Y.U.A., Rybakov V.F., Volodarskiy A.N., Terentyev N.S., Tokarchuk T.N. *Laguny Sakhalina* [The coastal lagoons of Sakhalin Island]. Vladivostok: DVGU, 2002, 80 p.
- Genkal S.I., Trifonova I.S. *Diatomovyye vodorosli planktona Ladozhskogo ozera i vodoyemov ego basseyna* [Diatoms from plankton of Ladoga Lake and its basin reservoirs]. Rybinsk, 2009, 72 p.
- Diatomovyye vodorosli SSSR (iskopayemyye i sovremennyye)* [The diatoms of the USSR (fossil and recent)]. Leningrad, Nauka, 1974, vol. 1, 403 p.
- Diatomovyye vodorosli SSSR (iskopayemyye i sovremennyye)* [The diatoms of the USSR (fossil and recent)]. Leningrad, Nauka, 1988, vol. 2, issue 1, 116 p.
- Diatomovyye vodorosli SSSR (iskopayemyye i sovremennyye)* [The diatoms of the USSR (fossil and recent)]. St. Petersburg, Nauka, 1992, vol. 2, issue 2, 125 p.
- Zavarzin D.S., Atamanova I.A. Mare zooplankton seasonal dynamics in Ptichye Lake and adjoining sea coastal waters of Southern Sakhalin. *Vladimir Ya. Levanidov's Biennial Memorial Meetings FNC of Biodiversity FEB RAS*, 2014, issue 6, pp. 239–249. (In Russian)
- Zenkevich L.A. *Biology of the seas of the U.S.S.R.* New York: Interscience Publishers, 1963, 739 p. doi:10.5962/bhl.title.6447
- Kozhova O.M. Formation of phytoplankton in Bratsk reservoir. *Formation of natural conditions and living environment in Bratsk reservoir*. Moscow, 1970, pp. 26–160. (In Russian)
- Kolganova T.N. Seasonal distribution of phytoplankton in Busse Lagoon (Aniva Bay). *Distribution and rational use of aquatic zooresources of Sakhalin and Kuril Islands*. Vladivostok: the Far Eastern Scientific Center of the USSR Academy of Sciences, 1980, pp. 3–7. (In Russian)
- Koltsova T.I. The determination of volume and surface of phytoplanktonic cells. *Biologicheskie nauki*, 1970, no. 6, pp. 114–119. (In Russian)
- Konovalova G.V. The structure of planktonic phyto-cenosis of Vostok Bay of the Sea of Japan. *Biol. Morya*, 1984, no. 1, pp. 13–23. (In Russian)
- Konovalova G.V. *Dinoflagellyaty (Dinophyta) dal'nevostochnykh morey Rossii i sopredel'nykh akvatoriy Tikhogo okeana* [Dinoflagellates (Dinophyta) of the Far Eastern seas of Russia and adjacent areas of the Pacific Ocean]. Vladivostok: Dalnauka, 1998, 398 p.
- Konovalova G.V., Orlova T.Y., Pautova L.A. *Atlas fitoplanktona Yaponskogo morya* [Guide on Phytoplankton of the Sea of Japan]. Leningrad: Nauka, 1989, 157 p.
- Konovalova G.V., Selina M.S. *Dinofitovyye vodorosli (Dinophyta)* [Dinophyta]. Vladivostok: Dalnauka, 2010, 352 p.
- Konovalova N.V. The phytoplankton of Busse lagoon (Island Sakhalin). *Materials of the V International Scientific Conference September 12–17, Naroch–Minsk*. Minsk: Publishing center of 2016, pp. 150–152. (In Russian)
- Korneva L.G. *Formirovaniye fitoplanktona vodoyemov basseyna Volgi pod vliyaniyem prirodnnykh i antropogennykh faktorov. Avtoreferat disertatsii doktora biologicheskikh nauk* [Phytoplankton formation in water bodies of the Volga River basin under the influence of natural and anthropogenic factors. Extended Abstract of Doctor Sci. (Biol.)]. St.-Petersburg: Institut ozerevedeniya RA, 2009, 47 p.
- Labay V.S., Atamanova I.A., Zavarzin D.S., Motylkova I.V., Moukhametova O.N., Nikitin V.D. Reservoirs of Sakhalin Island: from lagoons to lakes. *Yuzhno-Sakhalinsk: GBUK*, 2014, 208 p. Available at: sakhalinmuseum.ru/ufile/66\_14\_10\_2015\_19\_17\_44\_vodoemi\_ostrova\_compressed.pdf. (In Russian)
- Labay V.S., Kurilova N.V., Shpilko T.S. Seasonal variability of macrozoobenthos in a lagoon with periodic connection to the sea (Lake Ptichje, Southern Sakhalin). *Zoologicheskyy Zhurnal*, 2016, vol. 95, no. 5, pp. 524–539. (In Russian)
- Labay V.S., Motylkova I.V., Konovalova N.V., Nemchinova I.A., Mukhametova O.N., Zhukovskiy S.B., Samatov A.D. Brief hydrobiological description of the Okhotsk Sea coastal shallows along northeastern Sakhalin Island. *Trudy SakhNIRO*, 2008, vol. 10, pp. 3–34. (In Russian)

- Makarevich V.N. Dutch methods of species diversity estimation by de Vries comparing to the other methods of estimation of species contribution into the meadow herbage. *Botanicheskii Zhurnal*, 1966, vol. 51, no. 2, pp. 293–304. (In Russian)
- Makarevich P.R., Oleynik A.A. Conception of the functioning of phytoplankton communities in estuarine basins of high and moderate latitudes. *Vestnik SSC*, 2007, vol. 3, no. 2, pp. 57–63. doi: 10.23885/1813-4289-2007-3-2-57-63. (In Russian)
- Makarevich P.R., Oleynik A.A. Structure of the annual cycle of phytoplankton community evolution in the Ob-Yenisei shoal of the Kara Sea. *Doklady Earth Sciences*, 2009, vol. 426, issue 1, pp. 669–671. doi: 10.1134/S1028334X09040357. (In Russian)
- Makarova I.V., Pichkily L.O. Some problems in the procedure of calculating phytoplankton biomass. *Botanic Journal*, 1970, vol. 55, no. 10, pp. 1488–1494. (In Russian)
- Mogilnikova T.A., Nikulina T.V., Koreneva T.G., Latkovskaya E.M., Vedernikova A.A. Phytoplankton and chemical indices of coastal waters of South-Western and Southern Sakhalin Island (Tatar Strait, Aniva Bay). *Vladimir Ya. Levanidov's Biennial Memorial Meetings FNC of Biodiversity FEB RAS*, 2017, issue 7, pp. 151–167. Available at: [ibss.febras.ru/Files/lv/00001668.pdf](http://ibss.febras.ru/Files/lv/00001668.pdf). (In Russian)
- Motylkova I.V., Konovalova N.V. Seasonal dynamics of phytoplankton in a lagoon-type Lake Izmenchivoye (Southeast Sakhalin). *Russian Journal of Marine Biology*, 2010, vol. 36, no. 2, pp. 86–92. (In Russian)
- Motylkova I.V., Konovalova N.V. Phytoplankton Dynamics in the Lagoon Lake Tunaycha (the Southern Part of the Sakhalin Island). *Hydrobiological Journal*, 2012, vol. 49, issue 1, pp. 30–38. doi: 10.1615/HydrobJ.v49.i1.40
- Moukhametova O.N. Ptichiye Lake as a model of the formation of lagoon ichthyoplankton complexes (Southeast Sakhalin). *Vladimir Ya. Levanidov's Biennial Memorial Meetings FNC of Biodiversity FEB RAS*, 2014, issue 6, pp. 453–463. (In Russian)
- Odum Y. *Ekologiya* [Ecology]. Moscow: Mir, 1986, vol. 2, 376 p.
- Proshkina-Lavrenko A.I. *Diatomovyye vodorosli bentosa Chernogo morya* [Diatom Algae of Black Sea Benthos]. Moscow-Leningrad: Nauka, 1963, 243 p.
- Radchenko I.G., Kapkov V.I., Fedorov V.D. *Prakticheskoye rukovodstvo po sboru i analizu prob morskogo fitoplanktona: Uchebno-metod. posobiye dlya studentov biol. spets.* [Practical manual on collection and the analysis of samples of marine phytoplankton]. Moscow: Mordvintsev, 2010, 60 p.
- Rozenberg G.S. Some words about the Simpson's diversity index. *Samarskaya Luka*, 2007, vol. 16, no. 3, pp. 581–584. (In Russian)
- Solovyeva V.V., Korneva L.G. Structure and dynamics of phytoplankton in littoral and pelagic zones in the Volga reach of the Rybinsk Reservoir. *Biologiya Vnutrennikh Vod*, 2006, issue 4, pp. 34–41. (In Russian)
- Trifonova I.S. *Ekologiya i suksessiya ozernogo fitoplanktona* [Ecology and succession of lake phytoplankton]. Leningrad: Nauka, 1990, 184 p.
- Fedorov V.D. *O metodakh izucheniya fitoplanktona i ego aktivnosti* [On the methods of study of phytoplankton and its activity]. Moscow: MGU, 1979, 166 p.
- Shitikov V.K., Rozenberg G.S., Zinchenko T.D. *Kolichestvennaya gidroekologiya: metody, kriterii, resheniya* [Quantitative hydroecology: methods, criteria, solutions]. Moscow: Nauka, 2005, part 2, 337 p.
- Brogueira M.J., Olveira M.R., Cabeçadas G. Phytoplankton community structure defined by key environmental variables in Tagus estuary, Portugal. *Mar. Environ. Res.*, 2007, vol. 64, pp. 616–628.
- Hoppenrath M., Elbrachter M., Drebes G. Marine phytoplankton. Selected microphytoplankton species from the North Sea around Helgoland and Sylt. Stuttgart: Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 2009, 264 p.
- Horner R.A. A taxonomic guide to some common marine phytoplankton. Bristol: Biopress Ltd., 2002, 195 p.
- Lange-Bertalot H. *Navicula sensu stricto 10 Genera from Navicula sensu lato Frustulia*. 2001, vol. 2, 525 p.
- Pielou E.C. The measurement of diversity in different types of biological collection. *J. Teor. Biol.*, 1966, no. 13, pp. 131–144.
- Sommer U., Gliwicz Z.M., Lampert W., Dancean A. The PEG-model of seasonal succession of planktonic events in fresh waters. *Arch. Hydrobiol. b.* 106, 1986, h. 3, pp. 433–463.
- Stewart A.J., Wetzel R.G. Cryptophytes and other microflagellates as couplers in planktonic community dynamics. *Arch. Hydrobiol. b.* 106, 1986, h. 1, pp. 1–19.
- Thronsen J., Hasle G.R., Tangen K. Phytoplankton of Norwegian coastal waters. Oslo: Almatforlag As., 2007, 343 p.
- Tomas C.R. *Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates*. USA: Academic Press, Inc. 1996, 598 p.

Поступила в редакцию: 07.06.2018

Принята после рецензии: 23.08.2018