

**СОСТАВ И СТРУКТУРА ЛЕТНЕГО ФИТОПЛАНКТОНА  
ОЗ. СЛАДКОЕ (СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ САХАЛИН)**

**И.В. Мотылькова, Н.В. Коновалова**

*Сахалинский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (СахНИРО), ул. Комсомольская, 196, Южно-Сахалинск, 693023, Россия. E-mail: irinam@sakhniro.ru*

Изучены качественный и количественный состав фитопланктона оз. Сладкое по результатам съемки в июле 2009 г. Всего обнаружено 194 вида микроводорослей. Основную роль в формировании структуры фитопланктона играли Cyanophyta, Chlorophyta и Bacillariophyta. В оз. Сладкое было выделено два сообщества фитопланктона: *Aulacoseira granulata* + *A. ambigua* и *Aulacoseira granulata*. Средняя численность составляла 58,05 млн кл./л, средняя биомасса – 3,289 г/м<sup>3</sup>, что соответствует высокому уровню трофии водоема.

**STRUCTURE OF SUMMER PHYTOPLANKTON OF SLADKOYE  
LAKE (NORTHWEST SAKHALIN)**

**I.V. Motylkova, N.V. Konovalova**

*Sakhalin Research Institute of Marine Fishery & Oceanography (SakhNIRO),  
196 Komsomolskaya Str., Yuzhno-Sakhalinsk, 693023, Russia.  
E-mail: irinam@sakhniro.ru*

The qualitative and quantitative compositions of phytoplankton of Sladkoye Lake were investigated in July, 2009. One hundred ninety four species of microalgae were revealed. Cyanophyta, Chlorophyta and Bacillariophyta were more significant in phytoplankton structure. Two communities of phytoplankton have been allocated: *Aulacoseira granulata* + *A. ambigua* and *Aulacoseira granulata*. An average quantity of phytoplankton was 58,05 million cell/l, an average biomass – 3,289 g/m<sup>3</sup>. These data correspond to the high tropical level.

Фитопланктон самого крупного и наиболее значимого в рыбохозяйственном отношении озера северо-западного Сахалина – оз. Сладкое – изучен слабо. Первые сведения о фитопланктоне района северо-западного Сахалина приводятся в работе Киселева (Киселев, 1931). Почти век назад, в летний период 1928–1930 гг., несколькими отрядами Государственного Гидрологического Института был произведен ряд гидробиологических наблюдений и сборов в различных участках Амурского Лимана. Одним из таких участков был район вблизи устья р. Наумовка, вытекающей из оз. Сладкое. В результате обработки проб фитопланктона Киселевым И.А. здесь был обнаружен 41 вид и внутривидовой таксон микроводорослей. Видовой состав формировали пресноводные, пресноводно-соленоводные, со-

лоноватоводные и морские виды. Нередко встречались *Melosira italica* var. *tenuissima* (Cr.) O. Mull., *Melosira italica* subsp. *subarctica* f. *spiralis* et f. *curvata* Grun., *M. jurgensii* Ag., *Coscinodiscus centralis* Ehr. (Gran.), *C. jonesianus* (Grev.) Ost., *C. jonesianus* var. *commutata* (Cr.) Hust., *Ditylum brightwellii* Grun. Первые сборы количественного планктона непосредственно в оз. Сладкое были проведены с 10 по 25 июля 1957 г. экспедицией Сахгосрыбвода во главе с инженером экспедиции М.Я. Казарновским. В результате исследований было обнаружено 13 видов зоо- и фитоформ, средняя биомасса которых составляла 10,2 г/м<sup>3</sup>. Преобладающие формы – синезеленые и зеленые водоросли. В 20-х числах июля при затишье наблюдалось массовое цветение синезеленых. Из синезеленых встречались *Anabaena*, *Oscillatoria*, из зеленых – *Pediastrum*. Для диатомовых, встречающихся в несколько меньших количествах, характерны *Pinnularia*, *Asterionella* (Казарновский, 1957). Планктон озера высокопродуктивен. Во всем объеме озера летний запас планктона равен 244,8 т (Казарновский, 1961).

Более детально фитопланктон оз. Сладкое был исследован Князевым и Калгановой в августе–сентябре 1993 г. и в июле–августе 1994 г. (Князев, Калганова, 2000). Ими была изучена видовая структура, пространственная организация, получены количественные характеристики развития фитопланктонного сообщества, а также определены первичная продукция и деструкция в этом водоеме. Наибольшим количеством видов были представлены диатомовые, зеленые и синезеленые водоросли, многие из которых находились в разгаре летнего «цветения». Средние значения численности составили 7177 млн кл/м<sup>3</sup>, биомассы – 8425 мг/м<sup>3</sup>. Биомасса распределялась неравномерно, максимум приходился на нижнюю часть водоема, минимум – на середину озера. При изучении и распределении фитопланктона было выделено шесть озерных микрофитоценозов с характерным для каждого видовым составом (Князев, Калганова, 2000).

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Пробы фитопланктона в количестве 32 штук были отобраны в июле 2009 г. на 21 станции в оз. Сладкое (рис. 1). Отбор проводился при помощи трехлитрового батометра Chalsico. Пробы в пелагиали отбирали с двух горизонтов (поверхность и придонный слой), в литорали – с одного. В качестве фиксатора использовали раствор Утермеля (из расчета 1,5–2,5 мл фиксатора на 1 л пробы воды). Клетки микроводорослей концентрировали методом осаждения до 10–50 мл (Федоров, 1979). Подсчет клеток проводили в камере Нажотта, объемом 0,055 мл, и камере типа пенал, объемом 1 мл (для учета крупных и редких видов). Биомассу определяли, приравнивая клетки микроводорослей к определенным геометрическим фигурам (Кольцова, 1970; Макарова, Пичкилы, 1970). Идентификацию видов проводили под световым микроскопом Leica DMLS по общепринятым методикам с помощью определителей (Забелина и др., 1951; Голлербах и др., 1953; Диатомовые водоросли..., 1974; Баринаова, Медведева, 1996; Lange-Bertalot, Metzeltin, 1996; Водоросли, вызывающие..., 2006; и др.). Уточнение некоторых видов диатомовых водорослей проводили с помощью сканирующего электронного микроскопа Jeol JSM–25S в Институте Биологии Внутренних Вод, п. Борок. Освобождение створок от органической части проводилось методом холодного сжигания (Баллонов, 1975).

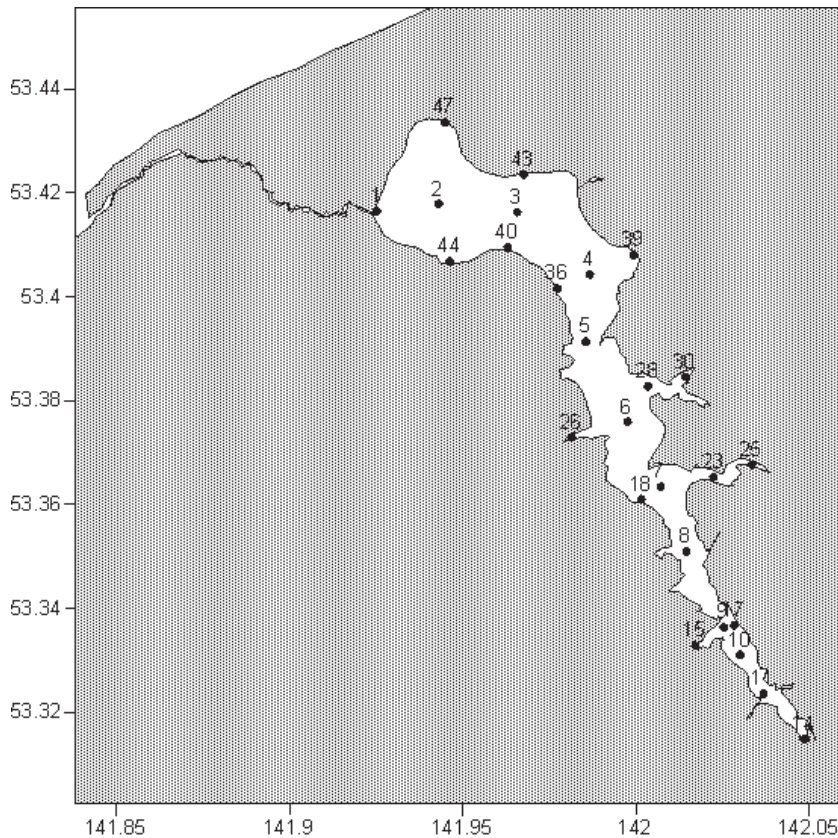


Рис. 1. Схема станций отбора проб фитопланктона в оз. Сладкое в июле 2009 г.

При выделении сообществ фитопланктона использовали коэффициент общности удельного обилия. Данный индекс общности был впервые предложен А.А. Шорыгиным (Шорыгин, 1939) и в последующем под разными названиями использовался многими российскими и зарубежными авторами (Shoener, 1970):

$$C_{xy} = 100 - 0,5 \sum (p_x - p_y),$$

где  $C_{xy}$  – индекс сходства станций (проб)  $x$  и  $y$  (%);  $p$  – относительная биомасса конкретного вида на станциях  $x$  и  $y$  соответственно (%).

Созданная матрица служит основой при кластеризации данных. Кластеризация проводилась построением дендрограммы сходства по методу средней. Выделенные кластеры описывали конкретные сообщества при уровне сходства более 40%. Для каждого сообщества вычислялись его количественные характеристики, и строилась соответствующая таблица, в которой для каждого вида сообщества приводилась средняя численность, средняя биомасса, относительная биомасса, частота встречаемости в сообществе, индекс плотности.

Относительная биомасса вида:  $V_i = 100 \times B_i \div B$  (%), где  $B_i$  – средняя биомасса  $i$ -того вида;  $B$  – средняя биомасса на станции.

Частота встречаемости:  $ЧВ_i = 100 \times k_i \div k$  (%), где  $k_i$  – количество станций, на которых встречался  $i$ -тый вид,  $k$  – общее количество станций.

Индекс плотности:  $ИП_i = V_i \times ЧВ_i$ , где  $V_i$  – средняя относительная биомасса (%),  $ЧВ_i$  – частота встречаемости данного вида (%).

При выделении значимости и для более полной их количественной характеристики учитывался вклад каждого вида в создание средней общей биомассы, ЧВ, ИП, при нивелировании ИП. Вид считался доминирующим, если значение ИП попадало в предел 10000–1000; характерным I порядка – 1000–100; характерным II порядка – 100–10; второстепенным I порядка – 10–1; второстепенным II порядка – менее 1. В ядро сообщества входили доминирующий вид, характерные I, II порядка, второстепенные I порядка.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Фитопланктон оз. Сладкое в июле 2009 г. формировали 194 вида микроводорослей из шести отделов: диатомовые Bacillariophyta, зеленые Chlorophyta, золотистые Chrysophyta, синезеленые Cyanophyta, динофитовые Dinophyta, эвгленовые Euglenophyta. По количеству видов ведущее место занимали диатомовые – 122 вида и внутривидовых таксона микроводорослей, за ними следовали зеленые – 44 вида, синезеленые – 23. Остальные отделы: динофитовые, эвгленовые и золотистые содержали один–два вида (табл. 1).

В систематической структуре по количеству видов среди диатомей отличались роды *Navicula* (15 видов), *Surirella* (10), *Achnanthes* (9), *Nitzschia* (9), *Fragilaria* (6), *Gomphonema* (8), *Pinnularia* (7), среди зеленых – *Scenedesmus* (10), *Ankistrodesmus* (5), среди синезеленых – *Anabaena* (6) (табл.1).

По отношению к солености видовой состав формировали преимущественно пресноводные и пресноводно-солонатоводные виды (71 % и 23 % от общего количества видов). Остальная доля (4 %) приходилась на солонатоводные, солонатоводно-морские.

Повсеместно в озере были встречены *Aulacoseira ambigua*, *A. granulata*, *Actinastrum hantzschii*, *Ankistrodesmus convolutus*, *A. falcatus*, *Pediastrum boryanum*, *Scenedesmus communis*, *Aphanocapsa planctonica*, *Microcystis pulverea* f. *minor*. Часто встречались *Woronichinia karelica*, *Achnanthes conspicua*, *Discostella stelligera*, *Navicula cryptotenella*, *Stephanodiscus minutulus*, *Crucigenia tetrapedia*, *Dictyosphaerium pulchellum*, *Pediastrum duplex*, *P. tetras*, *Scenedesmus acuminatus*, *S. bijugatus*, *S. brasiliensis*, *Tetraedron minimum*, *Aphanocapsa holsatica*, *A. incerta*, *Lyngbya contorta*, *L. limnetica*, *Merismopedia tenuissima*, *Microcystis aeruginosa*.

Средняя численность составляла 58,05 млн кл./л, средняя биомасса – 3,289 г/м<sup>3</sup>, что соответствует высокому уровню трофии водоема. Согласно шкале трофности озер, предложенной рядом авторов (Трифенова, 1990; Оксийук и др., 1993), по средним за сезон величинам биомассы оз. Сладкое относится к мезо-эвтрофному водоему. Предельные значения численности составляли 3,19–372,09 млн кл./л, значения биомассы – 0,27–14,191 г/м<sup>3</sup>.

Распределения численности и биомассы, как у поверхности воды, так и в придонном слое, были неравномерными. У поверхности воды максимальные значения численности были отмечены в литорали кутовой зоны залива, расположенного в южной части озера (мелководная станция 15) при температуре воды 18,2 °С. Высокая концентрация фитопланктона была отмечена и в литоральной зоне северной части водоема при температуре воды 18,4 °С. Здесь, у истока р. Наумовка и чуть ниже его, численность клеток микроводорослей превышала 94 млн кл./л (рис. 2А). У дна картина распределения численности несколько менялась, но, в

Таблица 1

## Видовой список фитопланктона оз. Сладкое в июле 2009 г.

Таксон	Отношение вида к солености воды	Частота встречаемости, %
<b>BACILLARIOPHYTA</b>		
<i>Achnanthes conspicua</i> A. Mayer	П	81
<i>Achnanthes delicatula</i> (Kütz.) Grun.	П-С	75
<i>Achnanthes exigua</i> Grun.	П	19
<i>Achnanthes lanceolata</i> (Bréb.) Grun. var. <i>lanceolata</i>	П	16
<i>Achnanthes lanceolata</i> var. <i>elliptica</i> (Bréb.) Grun.	П	50
<i>Achnanthes lanceolata</i> var. <i>rostrata</i> (Oestr.) Hust.	П	34
<i>Achnanthes minutissima</i> Kütz. var. <i>minutissima</i>	П	9
<i>Achnanthes minutissima</i> var. <i>cryptocephala</i> Grun.	П	3
<i>Achnanthes</i> sp.	-	3
<i>Amphiprora ornata</i> Bail.	П	6
<i>Amphora libyca</i> Ehr.	П	31
<i>Amphora ovalis</i> Kütz.	П	59
<i>Amphora</i> sp.	-	3
<i>Asterionella formosa</i> Hass.	П-С	34
<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grun.) Sim.	П	100
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehr.) Sim.	П	100
<i>Aulacoseira subarctica</i> (O. Müll.) Haw.	П	78
<i>Caloneis silicula</i> (Ehr.) Cl.	П	38
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehr.	П-С	16
<i>Cocconeis placentula</i> Ehr.	П-С	3
<i>Cocconeis scutellum</i> Ehr.	С-М	3
<i>Cyclotella comta</i> (Ehr.) Kütz.	П	6
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kütz.	П-С	50
<i>Cyclotella</i> sp.	-	3
<i>Cymbella naviculiformis</i> Auersw.	П	16
<i>Cymbella parva</i> (W. Sm.) Cl.	П	9
<i>Cymbella sinuata</i> Greg.	П	34
<i>Cymbella tumida</i> (Bréb.) V.H.	П	25
<i>Diatoma hiemale</i> (Lyngb.) Heib. var. <i>hiemale</i>	П	3
<i>Diatoma hiemale</i> var. <i>mesodon</i> (Ehr.) Grun.	П	6
<i>Didymosphenia germinata</i> M. Schmidt	П	3
<i>Diploneis ovalis</i> (Hilse) Cl.	П	6
<i>Discostella stelligera</i> (Cl. et Grun.) Houk et Klee	П	84
<i>Encyonema minutum</i> (Hilse) Mann	П	3
<i>Encyonema silesiacum</i> (Bleisch) Mann	П	3
<i>Epithemia argus</i> Kütz.	П	3

продолжение табл. 1

Таксон	Отношение вида к солености воды	Частота встречаемости, %
<i>Epithemia zebra</i> (Ehr.) Kütz.	П	16
<i>Eunotia diodon</i> Ehr.	П	3
<i>Eunotia gracilis</i> (Ehr.) Rabenh.	П	13
<i>Eunotia lunaris</i> (Ehr.) Grun.	П	3
<i>Eunotia praerupta</i> Ehr.	П	9
<i>Eunotia valida</i> Hust.	П	9
<i>Fragilaria constricta</i> Ehr.	П	16
<i>Fragilaria construens</i> (Ehr.) Grun. var. <i>construens</i>	П	9
<i>Fragilaria construens</i> var. <i>triundulata</i> Reich.	П	6
<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitt.	П	25
<i>Fragilaria pinnata</i> var. <i>trigona</i> (Brun et Herib.) Hust.	П-С	47
<i>Fragilaria</i> sp.	-	6
<i>Frustulia rhomboides</i> (Ehr.) D.T.	П-С	16
<i>Frustulia vulgaris</i> Thw.	П	9
<i>Gomphonema acuminatum</i> Ehr. var. <i>acuminatum</i>	П	16
<i>Gomphonema acuminatum</i> var. <i>coronata</i> (Ehr.) W. Sm.	П	16
<i>Gomphonema angustatum</i> var. <i>sarcophagus</i> (Greg.) Grun.	П-С	3
<i>Gomphonema augur</i> var. <i>gautieri</i> V.H.	П-С	3
<i>Gomphonema constrictum</i> (Ehr.) Cl.	П	9
<i>Gomphonema longiceps</i> Ehr.	П	3
<i>Gomphonema olivaceum</i> (Lyngb.) Kütz.	П-С	22
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kütz.) Grun.	П-С	6
<i>Gyrosigma kützingii</i> (Grun.) Cl.	П	3
<i>Gyrosigma baicalensis</i> Skv.	С	6
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehr.) Grun.	П	9
<i>Hippodonta capitata</i> (Ehr.) Lange-Bertalot, Metzeltin et Witkowski	П	25
<i>Meridion circulare</i> (Grev.) Ag.	П	3
<i>Navicula capitatoradiata</i> Germ.	-	53
<i>Navicula cryptocephala</i> Kütz.	П-С	25
<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot	П	88
<i>Navicula incerta</i> Grun.	С-М	3
<i>Navicula lanceolata</i> (Ag.) Kütz.	П-С	3
<i>Navicula menisculus</i> var. <i>meniscus</i> (Schum.) Hust.	П-С	6
<i>Navicula mutica</i> Kütz. var. <i>mutica</i>	П-С	9
<i>Navicula mutica</i> var. <i>ventricosa</i> (Kütz.) Cl.	П-С	3
<i>Navicula pupula</i> var. <i>rectangularis</i> (Greg.) Grun.	П-С	3
<i>Navicula pusilla</i> W. Sm.	П-С	25

продолжение табл. 1

Таксон	Отношение вида к солености воды	Частота встречаемости, %
<i>Navicula pygmaea</i> Kütz.	С	3
<i>Navicula radiosa</i> Kütz.	П-С	3
<i>Navicula rhynchocephala</i> Kütz.	П-С	47
<i>Navicula slesvicensis</i> Grun.	П	25
<i>Navicula vulpina</i> Kütz.	П	22
<i>Neidium iridis</i> (Ehr.) Cl.	П	19
<i>Neidium productum</i> (W. Sm.) Cl.	П	3
<i>Neidium</i> sp.	П	3
<i>Nitzschia acicularis</i> W. Sm.	П	3
<i>Nitzschia fonticola</i> Grun.	П	16
<i>Nitzschia frustulum</i> (Kütz.) Grun.	П-С	13
<i>Nitzschia levidensis</i> (W. Sm.) Grun.	П-С	6
<i>Nitzschia linearis</i> W. Sm.	П-С	3
<i>Nitzschia palea</i> (Kütz.) W.Sm.	П-С	9
<i>Nitzschia parvula</i> Lewis	С	3
<i>Nitzschia</i> sp.	-	3
<i>Nitzschia sublinearis</i> Hust.	П	6
<i>Pinnularia dactylus</i> Ehr.	П	3
<i>Pinnularia gibba</i> Ehr.	П	13
<i>Pinnularia mesolepta</i> (Ehr.) W. Sm.	П	13
<i>Pinnularia microstauron</i> (Ehr.) Cl.	П	13
<i>Pinnularia</i> sp.	-	9
<i>Pinnularia subsolaris</i> (Grun.) Cl.	П	3
<i>Pinnularia viridis</i> (Nitzsch) Ehr.	П	53
<i>Rhopalodia gibba</i> (Ehr.) O. Müll.	П-С	6
<i>Stauroneis anceps</i> Ehr.	П-С	13
<i>Stauroneis phoenicenteron</i> Ehr.	П	16
<i>Stephanodiscus cf. alpinus</i> Hust.	П-С	34
<i>Stephanodiscus delicatus</i> Genkal	П	6
<i>Stephanodiscus minutulus</i> (Kütz.) Cl. et Moller	П	84
<i>Surirella capronii</i> Bréb.	П-С	9
<i>Surirella angustata</i> Kütz. var. <i>angustata</i>	П	63
<i>Surirella angustata</i> var. <i>constricta</i> Hust.	П	13
<i>Surirella biseriata</i> Bréb.	П	9
<i>Surirella linearis</i> W. Sm.	П	9
<i>Surirella ovalis</i> Bréb.	С	56
<i>Surirella ovata</i> Kütz. var. <i>ovata</i>	П	3
<i>Surirella ovata</i> var. <i>salina</i> (W. Sm.) Hust.	П	9
<i>Surirella</i> sp.	-	3

Таксон	Отношение вида к солености воды	Частота встречаемости, %
<i>Surirella tenera</i> Greg.	П	44
<i>Synedra goulardii</i> (Bréb.) Grun.	П	22
<i>Synedra berolinensis</i> Lemm.	П	44
<i>Synedra parasitica</i> var. <i>subconstricta</i> Grun.	П	3
<i>Synedra tabulata</i> (Ag.) Kütz.	П	19
<i>Synedra ulna</i> (Nitzsch) Ehr.	П	19
<i>Tabellaria fenestrata</i> (Lyngb.) Kütz.	П	44
<i>Tabellaria flocculosa</i> (Roth) Kütz.	П	50
<i>Thalassiosira lacustris</i> (Grun.) Hasle	-	25
<b>CHLOROPHYTA</b>		
<i>Actinastrum hantzschii</i> Lagerh.	П	100
<i>Ankistrodesmus arcuatus</i> Korsch.	С	69
<i>Ankistrodesmus bibraianus</i> (Reinsch) Korsch.	П	59
<i>Ankistrodesmus convolutus</i> Corda	П	100
<i>Ankistrodesmus falcatus</i> Ralfs	П	100
<i>Ankistrodesmus gracilis</i> (Reinsch) Korsch.	П	59
<i>Coelastrum microporum</i> Näg.	П	44
<i>Crucigenia fenestrata</i> Schmidle	П	3
<i>Crucigenia rectangularis</i> Gay	П	3
<i>Crucigenia tetrapedia</i> W. et G.S. West.	П	88
<i>Dictyosphaerium ehrenbergianum</i> Näg.	П	28
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i> Wood	П	81
<i>Gloeotila mucosa</i> Kütz.	П	50
<i>Kirchneriella contorta</i> (Schmidle) Bohl.	П	28
<i>Kirchneriella lunaris</i> (Kirchn.) Moeb.	П	66
<i>Kirchneriella subsolitaria</i> W. West	П	3
<i>Koliella</i> sp.	-	3
<i>Koliella spiculiformis</i> (Visch.) Hind.	-	75
<i>Koliella tatrae</i> (Kol.) Hind.	П	3
<i>Lagerheimia genevensis</i> Chod.	П	25
<i>Monoraphidium arcuatum</i> (Korsch.) Hind.	П	59
<i>Oocystis rupestris</i> Kirchn.	П	41
<i>Pediastrum boryanum</i> (Turp.) Menegh.	П	100
<i>Pediastrum duplex</i> Meyen var. <i>duplex</i>	П	88
<i>Pediastrum duplex</i> var. <i>rotundatum</i> Lucks	П	3
<i>Pediastrum tetras</i> Ralfs	П	84
<i>Quadrigula korschikoffii</i> Kom.	П	81
<i>Scenedesmus acuminatus</i> Chod.	П	88
<i>Scenedesmus arcuatus</i> Lemm.	П	28



Таксон	Отношение вида к солености воды	Частота встречаемости, %
<i>Scenedesmus bijugatus</i> (Turp.) Lagerh.	П	84
<i>Scenedesmus brasiliensis</i> Bohl.	П	88
<i>Scenedesmus communis</i> Hegew.	П	100
<i>Scenedesmus dimorphus</i> (Turp.) Kütz.	П	22
<i>Scenedesmus obtusus</i> Meyen	П	31
<i>Scenedesmus opoliensis</i> Richt.	П	3
<i>Scenedesmus serratus</i> (Corda) Bohl.	П	3
<i>Scenedesmus subspicatus</i> Chod.	П	13
<i>Sphaeroszma excavatum</i> Ralfs	-	9
<i>Staurastrum gracile</i> Ralfs	П	75
<i>Tetraedron caudatum</i> (Corda) Hansg.	П	13
<i>Tetraedron minimum</i> (A. Br.) Hansg.	П	88
<i>Tetraedron regulare</i> Kütz.	П	38
<i>Tetraedron trigonum</i> (Näg.) Hansg.	П	16
<i>Volvox</i> sp.	-	6
<b>CHRYSOPHYTA</b>		
<i>Synura</i> sp.	-	3
<b>CYANOPHYTA</b>		
<i>Anabaena scheremetieviae</i> Elenk. f. <i>schерemetieviae</i>	П-С	3
<i>Anabaena scheremetieviae</i> f. <i>rotundospora</i> Elenk.	П-С	6
<i>Anabaena</i> cf. <i>crassa</i> Kleb.	П-С	22
<i>Anabaena lemmermannii</i> P. Richt.	П-С	3
<i>Anabaena</i> sp.	-	31
<i>Anabaena spiroides</i> Kleb.	П-С	81
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> (L.) Ralfs et Flah.	П-С	22
<i>Aphanocapsa delicatissima</i> W. et. G.S. West	П	69
<i>Aphanocapsa holsatica</i> (Lemm.) Cronb. et Kom.	П-С	81
<i>Aphanocapsa incerta</i> (Lemm.) Cronb. et Kom.	Э	81
<i>Aphanocapsa planctonica</i> (G.M. Smith) Kom. et Anagn.	П	100
<i>Aphanothece clathrata</i> W. et G.S. West.	П	6
<i>Chroococcus dispersus</i> (Keissl.) Lemm.	П-С	63
<i>Chroococcus limneticus</i> Lemm.	П	3
<i>Gloeocapsa turgida</i> (Kütz.) Hollerb. emend.	П-С	3
<i>Lyngbya contorta</i> Lemm.	П-С	88
<i>Lyngbya limnetica</i> Lemm.	П	84
<i>Merismopedia tenuissima</i> Lemm.	П-С	88
<i>Microcystis aeruginosa</i> Kütz.	П	88
<i>Microcystis wesenbergii</i> Kom.	П	50

окончание табл. 1

Таксон	Отношение вида к солености воды	Частота встречаемости, %
<i>Microcystis pulverea</i> f. <i>minor</i> (Lemm.) Hollerb.	П	100
<i>Microcystis viridis</i> (A. Br.) Lemm.	П-С	44
<i>Woronichinia karelica</i> Kom. et Kom.-Legn.	П-С	91
DINOPHYTA		
<i>Gymnodinium</i> sp.1	-	6
<i>Gymnodinium</i> sp. 2	-	6
EUGLENOPHYTA		
<i>Euglena</i> sp.	-	19
<i>Phacus caudatus</i> Hübner	П,С-М	19

Примечание: П – пресноводный, П-С – пресноводно-солонатоводный, П, С-М – пресноводно-солонатоводно-морской, С – солонатоводный, С-М – солонатоводно-морской вид, Э – эвригалинный вид.

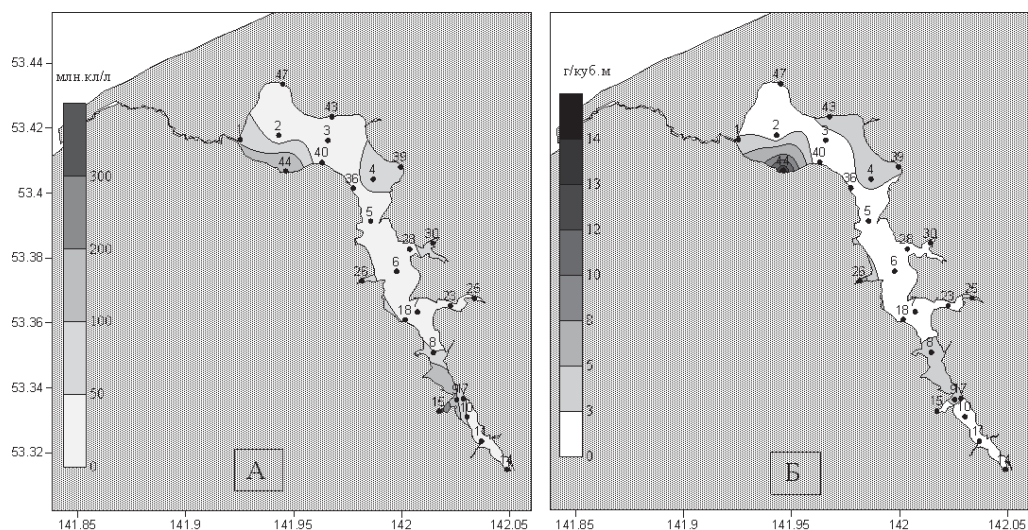


Рис. 2 Распределение численности, млн кл./л (А) и биомассы, г/м<sup>3</sup> (Б) фитопланктона в поверхностном слое в оз. Сладкое в июле 2009 г.

целом, скопление микроводорослей было приурочено к мелководным литоральным участкам северной и южной частям озера. В наиболее обогащенных кислородом водах центральной глубоководной части водоема, где максимально волнение и отсутствуют заросли макрофитов, численность фитопланктона не превышала 50 млн кл./л (рис. 3А).

Максимальная биомасса у поверхности воды была зарегистрирована в хорошо прогретой литоральной зоне северной части озера (рис. 2Б). Здесь на станции 44 значения ее достигали 14 г/м<sup>3</sup>. В целом, основная биомасса микроводорослей, от 1 г/м<sup>3</sup> до 6 г/м<sup>3</sup>, была сосредоточена в северной и южной частях, а также в мелких хорошо прогретых кутовых зонах исследуемого водоема. Минимальные значения биомассы были зарегистрированы в центральной глубоководной зоне озера (рис. 2Б, 3Б). Исследования прошлых лет показывали, что пик биомассы фито-

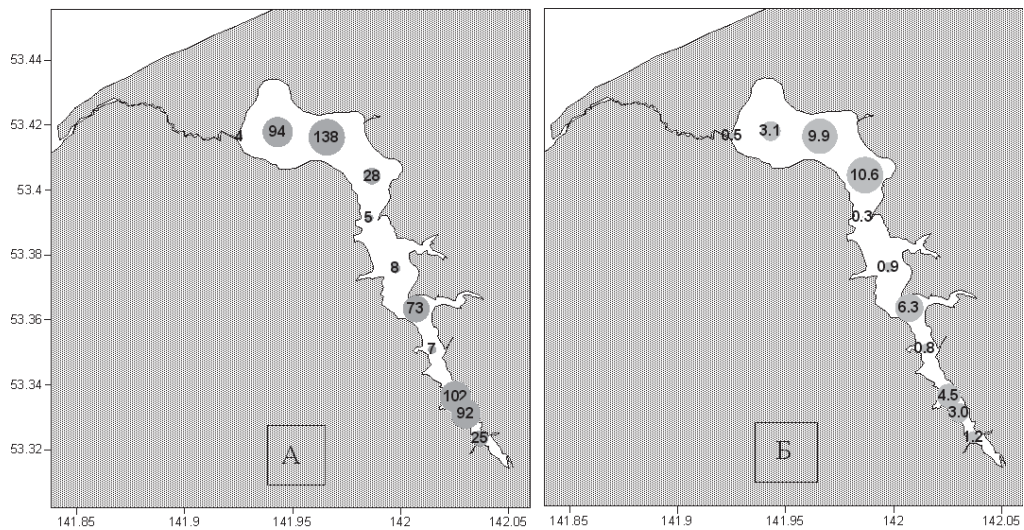


Рис. 3. Распределение численности, млн кл./л (А) и биомассы, г/м³ (Б) фитопланктона в придонном слое в оз. Сладкое в июле 2009 г.

планктона приходился на расширенный участок озера с относительно небольшой глубиной, где за время исследований наблюдалась наибольшая температура и отмечался снос биогенных элементов течениями со всего водоема. Зона минимума биомассы расположена над достаточными глубинами в средней части озера, куда впадают многочисленные ключи (Князев, Калганова, 2000). Таким образом, картина распределения биомассы фитопланктона в летний период постоянна.

В вертикальном отношении какой либо закономерности в распределении фитопланктона выявлено не было. Причиной тому является мелководность водоема. Средняя численность фитопланктона в поверхностном слое воды составляла 63,67 млн кл./л, в придонном слое – 52,44 млн кл./л, средняя биомасса – 2,85 г/м³ и 3,73 г/м³, соответственно.

С применением индекса ценотического сходства Шенера и других показателей, на основе дендрограммы сходства в оз. Сладкое было выделено два сообщества фитопланктона: *Aulacoseira granulata* + *A. ambigua* и *Aulacoseira granulata* (рис. 4).

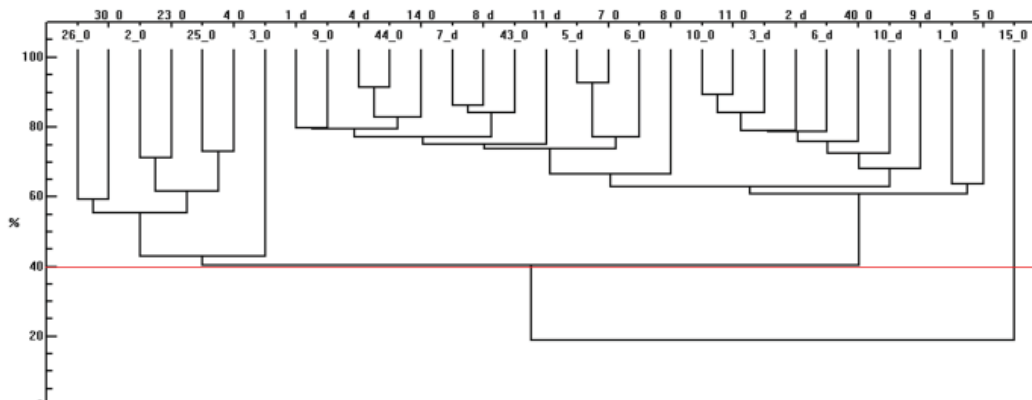


Рис. 4. Дендрограмма сходства фитопланктонных станций в оз. Сладкое в июле 2009 г.

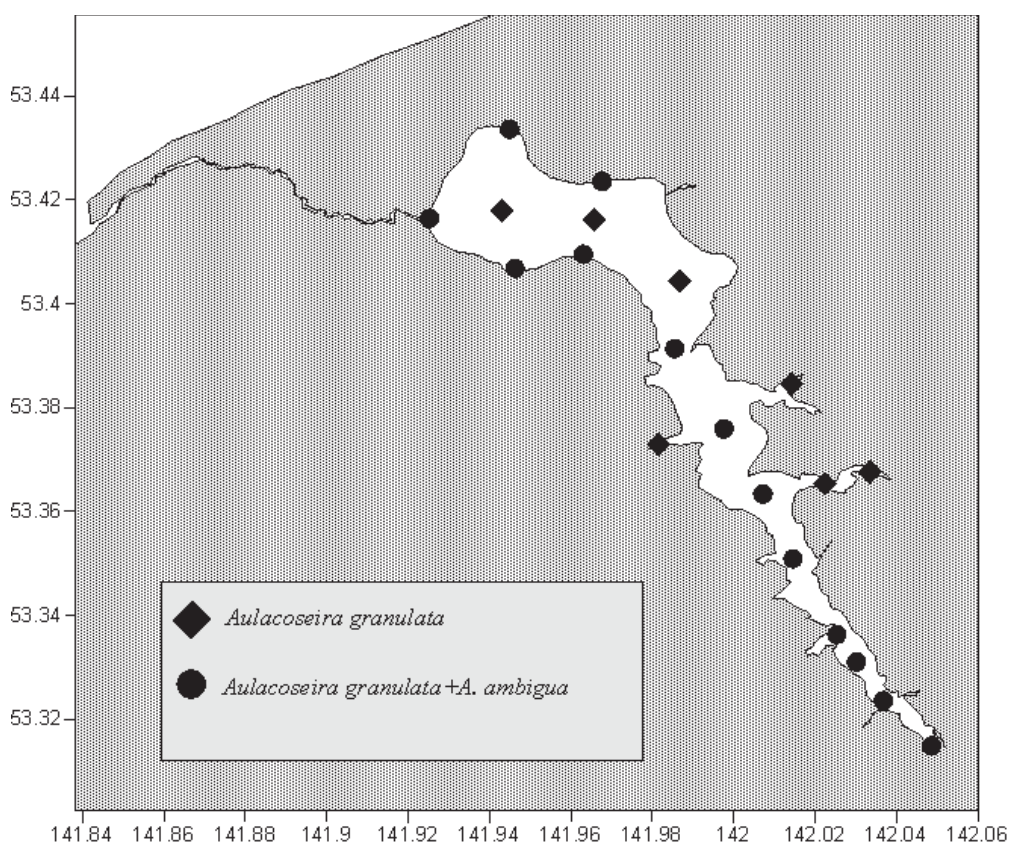


Рис. 5. Распределение сообществ фитопланктона в оз. Сладкое в июле 2009 г.

Сообщество *Aulacoseira granulata* занимало всю пелагиаль северной и кутовые участки центральной части озера (рис. 5). Сообщество формировали 142 вида из шести отделов. Основной вклад в создание численности вносили микроводоросли отдела синезеленые (87,9 % от общей численности в сообществе), в создание биомассы – зеленые (23,5 % от общей биомассы микроводорослей в сообществе) и диатомовые (69,1 %). Все вышеперечисленные отделы к тому же отличались наибольшим количеством видов (табл. 2). Общая численность микроводорослей в данном сообществе составляла 49,872 млн кл./л, общая биомасса – 2,942 г/м<sup>3</sup>. Доля доминирующего вида *Aulacoseira granulata* составляла 46 % от общей биомассы сообщества. Высокой встречаемостью отличались хлорококковые отдела зеленые *Ankistrodesmus falcatus*, *A. convolutus*, *Scenedesmus brasiliensis*, *S. acuminatus*, *S. communis*, *Quadrigula korschikoffii*, *Pediastrum boryanum*, *P. duplex*; хроококковые отдела синезеленых *Woronichinia karelica*, *Merismopedia tenuissima* и диатомовые *Stephanodiscus minutulus* и *Amphora ovalis*.

На остальной части акватории располагалось сообщество *Aulacoseira granulata* + *A. ambigua* (рис. 5). Видовой состав его формировали 165 видов микроводорослей из пяти отделов. Следует отметить высокую долю синезеленых в создании численности (91,4 % от общей численности в сообществе) и диатомовых в создании биомассы (83,3 % от общей биомассы). По количеству видов первое место занимали диатомовые, второе – зеленые, за ними следовали синезеленые (табл. 3). Общая численность в сообществе составляла 51,518 млн кл./л, общая биомасса – 3,38 г/м<sup>3</sup>.

Доминирующие виды в сумме достигали 73 % от общей биомассы сообщества. Повсеместно были встречены *Lyngbya limnetica*, *L. contorta*, *Microcystis pulvereaf. minor*, *Aphanocapsa planctonica*, *Crucigenia tetrapedia*, *Aulacoseira granulata*, *A. ambigua*.

Таблица 2  
Представленность отделов фитопланктона в сообществе *Aulacoseira granulata* в оз. Сладкое в июле 2009 г.

Отдел	Кол-во видов	Численность, млн кл./л	Относительная численность, %	Биомасса, г/м <sup>3</sup>	Относительная биомасса, %
Euglenophyta	2	1	0,0	2,689	0,1
Dinophyta	2	0	0,0	3,445	0,1
Сyanophyta	18	43806	87,9	211,014	7,2
Chrysoophyta	1	1	0,0	0,074	0,0
Chlorophyta	33	3924	7,9	692,326	23,5
Bacillariophyta	86	2109	4,2	2033,377	69,1
Всего	142	49842	100,0	2942,925	100,0

Таблица 3  
Представленность отделов фитопланктона в сообществе *Aulacoseira granulata* + *A. ambigua* в оз. Сладкое в июле 2009 г.

Отдел	Кол-во видов	Численность, млн. кл./л	Относительная численность, %	Биомасса, г/м <sup>3</sup>	Относительная биомасса, %
Euglenophyta	2	0	0,0	0,546	0,0
Dinophyta	1	0	0,0	0,015	0,0
Сyanophyta	22	47087	91,4	222,980	6,6
Chlorophyta	43	2405	4,7	340,791	10,1
Bacillariophyta	97	2026	3,9	2823,411	83,3
Всего	165	51518	100,0	3387,743	100,0

При рассмотрении зеленых водорослей особый интерес представляет соотношение числа видов хлорококковых к десмидиевым. В оз. Сладкое оно составляло 20. Наиболее обильны среди хлорококковых, представленных истинно планктонными видами, были *Actinastrum hantzschii*, *Ankistrodesmus convolutus*, *A. falcatus*, *Crucigenia tetrapedia*, *Dictyosphaerium pulchellum*, *Pediastrum boryanum*, *P. duplex*, *P. tetras*, *Scenedesmus acuminatus*, *S. bijugatus*, *S. brasiliensis*, *S. communis*. Общая численность их на станциях варьировала в пределах 0,178–9,325 млн кл./л, общая биомасса – 0,037–2,61 г/м<sup>3</sup>. Наибольшее разнообразие хлорококковых, также как и наибольшее их обилие, имеет место в эвтрофных и гиперэвтрофных озерах (Трифопова, 1990).

Наибольшую роль синезеленые водоросли играют в планктоне эвтрофных водоемов, то есть в равнинных озерах, где очень часты случаи «цветения» воды», вызываемые этими водорослями (Кукк, 1965). Оз. Сладкое относится к этому типу. Известно, что многие цианобактерии из родов *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Microcys-*

*tis* и др. вырабатывают токсины, представляя тем самым угрозу не только рыбному и сельскому хозяйству, но, возможно, и человеку (Иванова, 1965). Существует еще несколько отрицательных сторон, связанных с массовым развитием синезеленых: забивание фильтров на очистных сооружениях, образование неприятных запахов в местах нагонов в водоемах и др., тем не менее, нельзя не отметить исключительную роль их в формировании газового режима водоема. В зависимости от интенсивности фотосинтеза в дневные часы зачастую наблюдается даже перенасыщение поверхностных слоев кислородом (Гусева, 1965). В водах оз. Сладкое в июле 2009 г. значения кислорода составляли 95–150 %. В июле 1993 г. отмечалось их перенасыщение – 10,5 мг/л (Князев, Калганова, 2000). Причиной тому является не только обильная вегетация синезеленых, но и ряда водорослей других отделов.

Доминирующие по биомассе *Aulacoseira granulata* и *A. ambigua* являются широко распространенными видами и обитают в водоемах с различными гидрохимическими и гидрофизическими характеристиками (Лихошвай, 2003). Мнение всех исследователей единодушно сходится на том, что *Aulacoseira granulata* – теплолюбивый вид, массовая вегетация которого приходится на июнь, июль и август (Скабичевский, 1960). Максимальные значения численности (4,232 млн кл./л) и биомассы (9,57 г/м<sup>3</sup>) этой микроводоросли были отмечены на мелководной станции (глубина 0,9 м), расположенной в северо-западной части озера. Температура воды составляла здесь 18,2 °С, содержание растворенного кислорода – 104 %. Наряду с температурой, решающими факторами, определяющим уровень развития *Aulacoseira granulata* в озерах, является проточность, а также обеспеченность вод кремнием (Трифонова, 1990). Рядом исследователей отмечена зависимость толщины створок этой диатомеи от количества кремния в воде. Структура створок по мере истощения кремния в среде становится более тонкой и может служить индикатором наличия доступного кремния и трофического статуса озер. В среднем диаметр клетки *Aulacoseira granulata* в водах оз. Сладкое составлял 9,5 мкм (при предельных значениях в разных местообитаниях 5–21 мкм), а высота створок – 16 мкм (при предельных значениях 10–51 мкм), что говорит о достаточно высоком содержании кремния в водах озера. Считается, что *Aulacoseira granulata* является показателем эвтрофных условий (Lund, 1962; Hutchinson, 1967, цит. по: Трифонова, 1990). Однако, как считает Стормер из-за больших потребностей в кремнии, трудно предположить вспышки его массового развития (Stoermer et al, 1981, цит. по: Трифонова, 1990).

*Aulacoseira ambigua* является истиннопланктонным организмом, свойственным пресным водам (Скабичевский, 1960), вегетирует в условиях от мезотрофных до эвтрофных и в широком диапазоне температур (Трифонова, 1990). Предпочитает мелководные эвтрофные озера с постоянным перемешиванием (Трифонова, 1979). Вегетирует также в водоемах с крайними значениями условий обитания: в сильноэвтрофных водах (Hustedt, 1957, цит. по: Лихошвай, 2003) при температуре воды до 28 °С, с высоким значением рН до 9,5 (Gasse, 1986, цит. по: Лихошвай, 2003). В оз. Сладкое численность ее достигала 2,27 млн кл./л, биомасса – 2,85 г/м<sup>3</sup>. В массе развивалась в наиболее прогретой северной части озера, а также в кутовых участках центральной части.

По составу фитопланктона оз. Сладкое с доминированием *Aulacoseira ambigua*, *A. granulata*, *Microcystis pulverea* f. *minor*, *Aphanocapsa holsatica*, *A. plan-*

*tonica*, приближается к некоторым озерам центральной части Карельского перешейка (Трифонова, Мартынова, 1977), озерам Вавайской системы (Мотылькова, Коновалова, 2008), озерам Амура (Князев, Калганова, 2000).

Авторы выражают благодарность всем участникам лаборатории гидробиологии СахНИРО, принимавших участие в сборе материала. Искренне признательны Генкалу С.И. за помощь в определении центральных диатомовых водорослей, Лабаю В.С. за помощь при обработке и анализе данных по выделению сообществ.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Балонов И.М. 1975.** Подготовка диатомовых и золотистых водорослей к электронной микроскопии // Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М. С. 87–90.
- Барина С.С., Медведева Л.А. 1996.** Атлас водорослей-индикаторов сапробности (русский Дальний Восток). Владивосток: Дальнаука. 364 с.
- Водоросли, вызывающие «цветение» водоемов Северо-Запада России. 2006.** / Под ред. К.Л. Виноградовой. М.: Товарищество научных изданий КМК. 367 с.
- Голлербах М.М., Косинская Е.К., Полянский В.И. 1953.** Синезеленые водоросли. М.: Наука. 652 с. (Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 2).
- Гусева К.А. 1965.** Роль синезеленых водорослей в водоеме и факторы их массового развития // Экология и физиология синезеленых водорослей. М.–Л.: Наука. С. 12–33.
- Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные). 1974.** / Под ред. А.И. Прошкиной-Лавренко. Л.: Наука. Т. 1. 403 с.
- Забелина М.М., Киселев И.А., Прошкина-Лавренко А.И., Шешукова В.С. 1951.** Диатомовые водоросли. М.: Сов. наука. 619 с. (Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 4).
- Иванова С.С. 1965.** Современное состояние вопроса о токсичности синезеленых водорослей // Экология и физиология синезеленых водорослей. М.–Л.: Наука. С. 207–212.
- Казарновский М.Я. 1957.** Отчет экспедиции по рыбохозяйственному исследованию оз. Сладкое Рыбновского района в 1957 году. ГАСО. 176. Опись № 1. 8 с.
- Казарновский М.Я. 1961.** Озеро Сладкое – ценный водоем // Рыб. Промышленность Дальнего Востока. № 9. с. 10.
- Киселев И.А. 1931.** Состав и распределение фитопланктона в Амурском Лимане // Исслед. морей СССР. № 14. С. 31–79.
- Князев В.Н., Калганова Т.Н. 2000.** Фитопланктон и продуктивность оз. Сладкого (о. Сахалин) // Материалы XXXIV научно-метод. конф. преподавателей СахГУ (апрель, 1999 г.). Ч. VI. Южно-Сахалинск: Изд-во СахГУ. С. 36–41.
- Кольцова Т.И. 1970.** Определение объема и поверхности клеток фитопланктона // Биологические науки. № 6. С. 114–120.
- Кукк Э.Г. 1965.** О распространении синезеленых водорослей, вызывающих «цветение» воды // Экология и физиология синезеленых водорослей. М.–Л.: Наука. С. 5–12.
- Лихошвай Е.В. 2003.** Эволюция диатомовых водорослей рода *Aulacoseira* Thwaites в озере Байкал: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Иркутск. 407 с.
- Макарова И.В., Пичкилы Л.О. 1970.** К некоторым вопросам методики вычисления биомассы фитопланктона // Ботан. журн. Т. 55, № 10. С. 1488–1494.
- Мотылькова И.В., Коновалова Н.В. 2008.** Летний фитопланктон озер Вавайской системы (Южный Сахалин) // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 4. Владивосток: Дальнаука. С. 108–117.
- Оксинок О.П. и др. 1993.** Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши // Гидробиол. журн. Т. 29, № 4. С. 62–76.

- Скабичевский А.П. 1960.** Планктонные диатомовые водоросли пресных вод СССР. М.: изд-во МГУ. 350 с.
- Трифорова И.С., Мартынова В.И. 1977.** Видовой состав фитопланктона разнотипных озер центральной части Карельского перешейка // Ботан. журн. Т. 62, № 7. С. 990–998.
- Трифорова И.С. 1979.** Состав и продуктивность фитопланктона разнотипных озер Карельского перешейка. Л.: Наука. 168 с.
- Трифорова И.С. 1990.** Экология и сукцессия озерного фитопланктона. М.: Наука. 184 с.
- Федоров В.Д. 1979.** О методах изучения фитопланктона и его активности. М.: изд-во МГУ. 166 с.
- Шорыгин А.А. 1939.** Питание, избирательная способность и пищевые взаимоотношения некоторых Gobiidae Каспийского моря // Зоол. журн. Т. 18, вып. 1. С. 27–51.
- Lange-Bertalot H. 1996.** Indicators of oligotrophy. 800 taxa representative of three ecologically distinct lake types. Carbonate buffered – Oligodistrophic. – Weakly buffered soft water. Iconographia diatomologica - annotated diatom micrographs. Germany: A.R.G. Gantner Verlag K.G. V. 2. 390 p.
- Shoener T.W. 1970.** Nonsynchronous spatial overlap of lizards in patchy habitats // Ecology. V. 51, N 3. P. 408–418.