

**ВЕСЕННИЙ ФИТОПЛАНКТОН ОЗЕРА ТУНАЙЧА
(ЮЖНЫЙ 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

Изучен качественный и количественный состав фитопланктона оз. Тунайча в весенний период 2002 г. Был обнаружен 141 вид и внутривидовой таксон микроводорослей. Плотность клеток варьировала от 45,428 до 840,961 тыс. кл./л, биомасса – от 53,779 до 801,859 мг/м³. Был определен санитарно-биологический статус оз. Тунайча.

**THE SPRING PHYTOPLANKTON OF TUNAICHA LAKE
(SOUTH SAKHALIN)**

I.V. Motylkova, N.V. Konovalova

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

The qualitative and quantitative composition of phytoplankton of Tunaicha Lake was investigated during the spring period of 2002. The study revealed 141 species and intraspecific taxa of microalgae. The density of cells in phytoplankton ranged from 45,428 to 840,961 thousand cells/liter and its biomass varied from 53,779 to 801,859 mg/m³. The estimation of sanitary-biological status of the waters Tunaicha Lake is given.

Планктонная альгофлора озер юга Сахалина изучена слабо. Т.Ф. Коптяевой был исследован видовой состав и даны количественные характеристики фитопланктона озер Вавайской системы (Коптяева, 1964). Фитопланктону оз. Тунайча посвящено ограниченное количество работ. Первые сведения о его составе приводятся в работе Н.П. Усовой с соавторами (1980). По наличию водорослей-индикаторов органического вещества (*Cyclotella comta*, *Melosira italica*, *Pediastrum duplex*, *Scenedesmus quadricauda*, *Anabaena scheremetievi* и др.) они отнесли это озеро к β-мезосапробному типу водоемов. В 2001 г. в рамках комплексной программы изучения экологического состояния оз. Тунайча сотрудниками СахНИРО была проведена комплексная гидробиологическая экспедиция, которая позволила получить некоторые представления о современном состоянии фитопланктонного сообщества в озере (Саматов и др., 2002). Следует отметить, что все исследования проводились в летний период.

Данная работа является продолжением изучения сезонных изменений планктонной альгофлоры оз. Тунайча.

С Охотским морем озеро соединено узкой и мелководной протокой Красноармейская, вследствие чего воздействие морских вод на озерные незначительно, оно увеличивается в штормовую погоду, но область их влияния ограничивается районом протоки Красноармейская. По морфологическому облику в озере выделяются два плёса – западный (Малая Тунайча) и восточный (Большая Тунайча), располагающихся друг над дру-

гом и отличающихся по своему режиму. Граница между ними проходит по линии мыс Макарова – остров Птичий – мыс Меньшикова. Акватория Малой Тунайчи хорошо прогревается и насыщена кислородом. Большая Тунайча относится к застойной зоне (История озёр севера Азии, 1995).

Материал и методика

Материал собирали на 5–6 станциях в оз. Тунайча (рис. 1), расположенном на южной оконечности о-ва Сахалин.

Съемки проводили с 28 апреля по 22 мая 2002 г. подекадно. Пробы фитопланктона отбирали батометром объемом 1–1,5 л с двух горизонтов – 0 и 10 м (на мелководной станции 46–0 и 3 м). Ниже 10 м пробы не отбирали из-за отсутствия гидробионтов вследствие повышенного содержания сероводорода в нижних слоях озера. В качестве фиксатора использовали раствор Утермеля (Федоров, 1979). Доводили методом осаждения до объема 20 – 40 мл в зависимости от осадка, затем сгущали до объема 3–6 мл центрифугированием. Всего собрано и обработано 34 пробы. Обработку материала проводили с помощью светового микроскопа "ЛОМО – 15-2" .

Виды идентифицировали, руководствуясь рядом определителей (Cupp, 1943; Коновалова и др., 1989; Коновалова, 1998; и др.). Идентификацию и уточнение 3 видов по стандартным методикам (Hasle, Fryxell, 1970) с использованием светового микроскопа Jenamed 2 и трансмиссионного микроскопа JEM-100 проводили сотрудники Института биологии моря ДВО РАН (г. Владивосток) к.б.н. М.С. Селина и О.Г. Шевченко. Был обнаружен вид, новый для данного региона.

Каждую пробу обрабатывали в двух камерах: наннопланктон – в камере типа "Ножотта" (объемом 0,055 мл), микропланктон и редкие виды – в камере типа "Пенал" (объемом 1 мл). Биомассу определяли, приравнивая клетки микроводорослей к определенным геометрическим фигурам (Кольцова, 1970; Макарова, Пичкилы, 1970).

Оценка эколого-санитарного состояния качества воды оз. Тунайча проводилась на основании выявления видов-индикаторов и расчета индекса сапробности по методу Пантле–Бука в модификации Сладечека (Баринова, Медведева, 1996; Водоросли-индикаторы, 2000):

$$S = \sum s \cdot h / \sum h,$$

S – степень сапробности,

s – сапробное значение организма-сапробионта,

h – частота встречаемости сапробионта в пробе.

Компьютерную обработку проводили с помощью программы "Plankton", разработанной ведущим инженером-программистом Д.С. Кузнецовым.

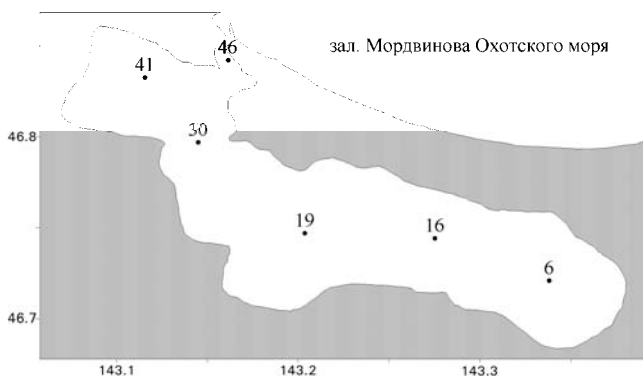


Рис. 1. Карта-схема оз. Тунайча с обозначением мест отбора фитопланктонных проб в весенний период 2002 г.

Результаты и обсуждение

В оз. Тунайча в весенний период обнаружен 141 вид и внутривидовой таксон микроводорослей, представленные семью отделами: диатомовые Bacillariophyta (102 вида и внутривидовых таксона), динофлагелляты Dinophyta (16), зеленые Chlorophyta (11), криптомоновые Cryptophyta (5), синезе-

ленные Суанорphyta (3), золотистые Chrysophyta (3), эвгленовые Euglenophyta (1). В целом за весь период исследований в озере в формировании видового состава руководящая роль отводилась диатомовым, доля которых составляла 64–81% от общего числа видов (табл. 1).

Таблица 1

Аннотированный список микроводорослей оз. Тунайча (апрель - май 2002 г.)

Таксон	Сапробная характеристика	Апрель	11 мая	22 мая
BACILLARIOPHYTA				
<i>Achnanthes hauckiana</i> var. <i>rostrata</i> Schulz		*		
<i>A. lanceolata</i> (Bréb.) Grun.	Ксено-бетамезосапробионт	*	*	*
<i>A. lanceolata</i> f. <i>capitata</i> O. Müll.		*		
<i>A. lanceolata</i> var. <i>rostrata</i> (Oestr.) Hust.		*	*	
<i>A. minutissima</i> Kütz.	Бетамезосапробионт		*	*
<i>Achnanthes</i> sp.				*
<i>A. taeniata</i> Grun.		*		
<i>Amphiprora alata</i> Kütz.				*
<i>A. paludosa</i> W. Sm.		*		*
<i>Amphora coffeaeformis</i> Ag.		*	*	*
<i>A. ovalis</i> Kütz.	Олиго-бетамезосапробионт		*	*
<i>Amphora</i> sp.			*	
<i>Asterionella formosa</i> Hass.	Олиго-бетамезосапробионт		*	*
<i>A. gracillima</i> (Hantzsch) Heib.				*
<i>Bacillaria paradoxa</i> Gmelin		*		
<i>Caloneis</i> sp.			*	
<i>Campylodiscus</i> sp.				*
<i>Ceratoneis arcus</i> (Ehr.) Kütz.		*		*
<i>Chaetoceros muelleri</i> Lemm.		*	*	*
<i>Chaetoceros</i> sp.			*	*
<i>C. subsecundus</i> (Grun.) Hust.			*	
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehr.	Бетамезосапробионт	*	*	*
<i>C. placentula</i> Ehr.	Бетамезосапробионт	*	*	
<i>C. scutellum</i> Ehr.		*	*	*
<i>Cocconeis</i> sp.		*		
<i>Coscinodiscus jonesianus</i> (Grev.) Ostf.		*		
<i>Cyclotella</i> sp.		*	*	*
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehr.) Reim. et Lewin		*	*	*
<i>Cymbella</i> sp.		*		
<i>C. ventricosa</i> Kütz.		*		
<i>Diatoma elongatum</i> (Lyngb.) Ag.	Олиго-бетамезосапробионт	*	*	*
<i>D. vulgare</i> Bory	Бетамезосапробионт	*	*	*
<i>Epithemia argus</i> Kütz.		*		*
<i>Eunotia monodon</i> Ehr.		*		
<i>Fragilaria construens</i> (Ehr.) Grun.	Бетамезосапробионт	*	*	*
<i>F. crotonensis</i> Kitt.	Олиго-бетамезосапробионт		*	*
<i>Frustulia vulgaris</i> Thw.		*		
<i>Gomphonema acuminatum</i> Ehr.				*
<i>G. angustatum</i> (Kütz.) Rabh.	Олигосапробионт	*	*	*
<i>G. olivaceum</i> (Lyngb.) Kütz.	Бетамезосапробионт		*	*
<i>G. parvulum</i> (Kütz.) Grun.	Бетамезосапробионт	*	*	
<i>Gyrosigma acuminatum</i> var. <i>gallica</i> Grun.				*
<i>G. fasciola</i> Ehr.				*

Продолжение табл. 1

Таксон	Сапробная характеристика	Апрель	11 мая	22 мая
<i>Hantzschia amphyoaxis</i> (Ehr.) Grun.				*
<i>Hantzschia</i> sp.		*		
<i>Melosira islandica</i> O. Müll.	Бетамезосапробионт	*	*	*
<i>M. moniliformis</i> (O. Müll.) Ag.		*	*	
<i>M. nummuloides</i> (Dillw.) Ag.		*	*	*
<i>M. sulcata</i> (Ehr.) Kütz.				*
<i>M. varians</i> Ag.	Бетамезосапробионт	*	*	*
<i>Meridion circulare</i> (Grev.) Ag.				*
<i>M.n circulare</i> var. <i>constricta</i> (Ralfs) V.H.	Ксено-олигосапробионт	*	*	*
<i>Navicula cryptocephala</i> Kütz.	Альфамезосапробионт	*	*	*
<i>N. laterostrata</i> Hust.		*		
<i>N. menisculus</i> Schum.		*		*
<i>N. menisculus</i> var. <i>meniscus</i> (Schum.) Hust.	Бета-альфамезосапробионт		*	*
<i>N. punctulata</i> var. <i>pagophila</i> Grun.		*		
<i>N. pupula</i> var. <i>rostrata</i> Hust.				*
<i>N. pusilla</i> W.Sm.		*	*	
<i>N. radiosa</i> Kütz.	Ксено-олигосапробионт	*	*	*
<i>N. rhynchocephala</i> Kütz.	Альфамезосапробионт	*	*	*
<i>Navicula</i> sp.		*		*
<i>Navicula</i> sp. 1		*		
<i>Navicula</i> sp. 2				*
<i>N. viridula</i> Kütz.	Альфамезосапробионт	*	*	*
<i>Nitzschia acicularis</i> W. Sm.	Альфамезосапробионт		*	
<i>N. linearis</i> W. Sm.		*		
<i>N. longissima</i> (Bréb.) Ralfs			*	
<i>N. obtusa</i> W. Sm.			*	
<i>N. palea</i> (Kütz.) W.Sm.	Альфамезосапробионт	*	*	*
<i>N. paleaceae</i> Grun.		*	*	*
<i>N. sigma</i> (Kütz.) W.Sm.			*	*
<i>N. sublinearis</i> Hust.		*	*	*
<i>N. tryblionella</i> Grun.				*
<i>N. tryblionella</i> var. <i>debilis</i> (Arn.) A. Mayer				*
<i>N. tryblionella</i> var. <i>victoriae</i> Grun.	Альфамезосапробионт		*	
<i>Odontella aurita</i> (Lyngb.) Ag.				*
<i>Pinnularia mesolepta</i> (Ehr.) W. Sm.	Олигосапробионт		*	
<i>Pinnularia</i> sp.		*		*
<i>P. viridis</i> (Nitzsch.) Ehr.		*		
<i>Pleurosigma</i> sp.			*	
<i>Pseudo-nitzschia</i> sp.		*		
<i>Rhabdonema arcuatum</i> (Lyngb.) Kütz.				*
<i>Rhizosolenia fragilissima</i> Bergon			*	
<i>R. setigera</i> Bright.		*		
<i>Rhoicosphenia curvata</i> (Kütz.) Grun.	Бетамезосапробионт	*	*	*
<i>Rhopalodia gibberula</i> (Ehr.) O. Müll.				*
<i>Rhopalodia</i> sp.			*	*
<i>Surirella ovata</i> Kütz.		*		
<i>Synedra pulchella</i> (Ralfs) Kütz.	Бета-альфамезосапробионт	*	*	*
<i>S. tabulata</i> (Ag.) Kütz.		*		*
<i>S. ulna</i> (Nitzsch.) Ehr.		*		
<i>Tabellaria fenestrata</i> (Lyngb.) Kütz.	Олиго-бетамезосапробионт	*	*	
<i>T. flocculosa</i> (Roth.) Kütz.		*		

Окончание табл. 1

Таксон	Сапробная характеристика	Апрель	11 мая	22 мая
<i>Tetracyclus rupestris</i> (A.Br.) Grun.	Ксеносапробионт	*	*	
<i>Thalassionema frauenfeldii</i> Grun.		*		
<i>T. nitzschioides</i> Grun.		*		
<i>Thalassiosira pacifica</i> Gran et Angst		*	*	*
<i>T. proschkinae</i> var. <i>spinulata</i> (Takano)Makar.		*	*	*
<i>T. punctigera</i> (Castr.) Hasle				*
<i>Thalassiosira</i> sp.		*	*	*
CHLOROPHYTA				
<i>Ankistrodesmus arcuatus</i> Korsch.		*	*	
<i>A. convolutus</i> Corda		*	*	*
<i>Chlamydomonas</i> sp.		*		
<i>Cosmarium granatum</i> Bréb.		*		
<i>Crucigenia rectangularis</i> Gay	Олиго-бетамезосапробионт		*	
<i>Gloeotila</i> sp.		*		
<i>Pterosperma polygonum</i> Ostenf.			*	
<i>Pterosperma</i> sp.				*
<i>Pyramimonas</i> sp.		*	*	*
<i>Scenedesmus bijugatus</i> (Turp.) Kütz.				*
<i>S. quadricauda</i> (Turp.) Bréb.				*
CHRYSOPHYTA				
Coccolithophorids		*	*	*
<i>Dinobryon balticum</i> (Schütt) Lemm.		*		
<i>Distephanus speculum</i> (Ehr.) Haeck.			*	
CRYPTOPHYTA				
<i>Croomonas</i> sp.		*	*	
<i>Cryptomonas acuta</i> Butch.			*	
<i>C. erosa</i> Ehr.			*	
<i>Cryptomonas</i> sp.		*	*	*
<i>Plagioselmis punctata</i> Butch.			*	*
CYANOPHYTA				
<i>Anabaena scheremetievi</i> Elenk.				*
<i>A. spiroides</i> Kleb.	Олиго-бетамезосапробионт		*	*
<i>Oscillatoria</i> sp.				*
DINOPHYTA				
<i>Amphidinium larvale</i> Lindem.		*	*	*
<i>A. operculatum</i> Clap. et Lachm.			*	
<i>G. agiliforme</i> Schill.		*		
<i>G. arcticum</i> Wulff			*	*
<i>G. blax</i> Harris			*	
<i>G. simplex</i> (Lohm.) Kof.et Sw.			*	
<i>Gymnodinium</i> sp. 1		*		*
<i>Gymnodinium</i> sp. 2		*	*	
<i>G. wulffii</i> Schill.			*	
<i>G. fusiforme</i> Kof.et Sw.				*
<i>Katodinium rotundatum</i> (Lohm.) Loeblich			*	
<i>Peridiniella catenata</i> (Lev.) Balech			*	*
<i>Protoperidinium pellucidum</i> Bergh			*	
<i>Scripsiella trochoidea</i> cyst.		*	*	
EUGLENOPHYTA				
<i>Euglena</i> sp.		*		

Из диатомовых наиболее богаты видами роды *Navicula* (12 видов), *Nitzschia* (11), *Achnanthes* (7), *Melosira* (5).

За исследуемый период количество видов оставалось постоянным, но, тем не менее, качественный состав фитопланктона несколько менялся. Так, к концу мая исчез ранневесенний *Dinobryon balticum*, некоторые виды пеннатных диатомей. Появились весенне-летние *Asterionella formosa*, *A. gracillima*, *Melosira varians*, *Meridion circulare*, *Peridiniella catenata*, *Plagioselmis punctata*.

Основу видового состава слагали главным образом пресноводные и пресноводно-соленоватоводные виды (73–80%). В то же время отмечалась незначительная доля соленоватоводно-морских (12%), а также морских видов (3–8%), распространение которых было зарегистрировано на станциях, расположенных в протоке Красноармейская и вблизи ее.

Повсеместно с апреля по май встречались *Diatoma vulgare*, *Synedra pulhella*, *Rhoicosphenia curvata*, *Thalassiosira proschkinae* var. *spinulata*, *Ankistrodesmus convolutus*, неидентифицированные клетки порядка кокколитофоридовых отдела золотистые; два последних вида были массовыми.

Основным фактором, влияющим на неравномерность пространственного распределения фитопланктона, учитывая незначительные перепады температуры и практически одинаковую соленость (2,3–2,5‰), до глубины 10 м в течение определенного периода

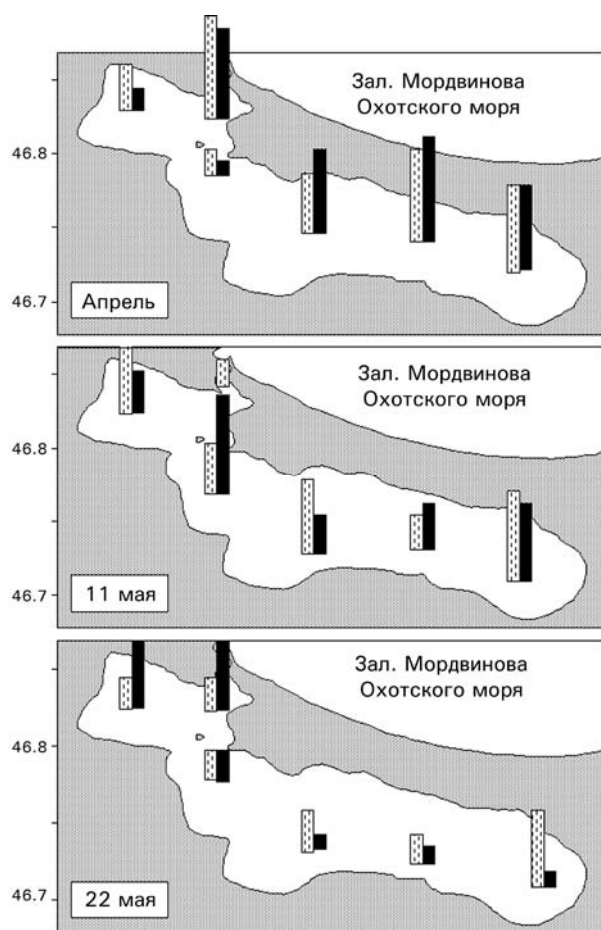


Рис. 2. Распределение численности (тыс. кл./л) фитопланктона в оз. Тунайча в весенний период 2002 г. (светлые столбцы – поверхностный слой, темные – слой 10 м)

для исследуемого сезона являются, по всей видимости, ветровые течения в озере. При этом станция 6, расположенная в районе Большой Тунайчи, характеризовалась на протяжении всего периода исследований высокими значениями количественных показателей, что нельзя сказать о других участках (рис. 2). Предельные величины численности составляли 45,428 тыс. кл./л (ст. 16, 22 мая) – 840,961 тыс. кл./л (ст. 46, апрель) (рис. 2), биомассы – 53,779 мг/м³ (ст. 16, 22 мая) – 801,859 мг/м³ (ст. 16, апрель, ст. 46, апрель). В целом распределение численности было схожим с таковым по биомассе.

В среднем к концу мая наблюдалось снижение численности почти в два раза (от 582,759 до 299,11 тыс. кл./л в поверхностном слое и от 434,927 до 272,496 тыс. кл./л в слое 10 м). Аналогичная ситуация проявлялась и в отношении биомассы (от 253,8 до 130,84 мг/м³ в поверхностном слое и от 195,08 до 149,26 мг/м³). При достаточно большом количестве видов диатомовой флоры биомасса, равно как и численность, в апреле формировалась в основном кокколитофорами

(37–81% от общей численности, 57–96% от общей биомассы), с повышением температуры (до 7,1–8,5°C в середине мая) доля которых уменьшалась. И к концу весеннего периода (с прогревом вод до 13,7°C) наблюдалось постепенное вытеснение кокколитофорид из списка доминирующих групп зелеными (по численности) и динофитовыми (по биомассе) (рис. 3). Среди видов доминировали в это время: зеленая *Ankistrodesmus convolutus* (25–70% от общей численности) и динофитовая *Peridiniella catenata* (20–61% от общей биомассы). Исключение составлял район Малой Тунайчи, где обильно развивалась диатомовая *Diatoma vulgare* (23–58% от общей численности, 20–40% от общей биомассы).

Анализ вертикального распределения показал, что представители практически всех отделов (представленные автотрофными ультра- и нанопланктонными формами) тяготели к верхним слоям воды, в то время как предпочтение диатомовых водорослей, большая часть которых состояла из крупных факультативно-планктонных форм, отдавалось нижним горизонтам. Можно полагать, основным фактором вертикального распределения фитопланктона в оз. Тунайча в весенний период является свет.

В санитарно-биологическом отношении (на основании расчета индекса сапробности (S), а также по наличию видов-индикаторов, большинство из которых олигомезосапробионты и бетамезосапробионты) воды озера условно можно поделить на два района. Первый – район Большой Тунайчи – относится к бетаолигосапробной зоне, III класса чистоты, второй – район Малой Тунайчи, где происходит незначительное ухудшение качества воды (индекс сапробности повышается с 1,75 до 1,99), – олигоальфамезосапробной зоне, III классу чистоты (табл. 2).

Таким образом, видовой состав весеннего фитопланктона формировали преимущественно диатомовые (72% от общего количества видов). Конец апреля характеризовался интенсивной вегетацией кокколитофорид, что обусловило высокие значения численности и биомассы в целом в этот период. С прогревом водных масс происходила постепенная замена кокколитофорид мелкой зеленой *Ankistrodesmus convolutus*, что повлекло снижение количественных показателей (численности и биомассы) почти в два раза. Таким образом, прослеживается четкая динамичность системы фитопланктонного сообщества. Основными факторами, обуславливающими неравномерность пространственного распределения фитопланктона в озере, являются ветровые и стоковые течения, вертикального – освещенность.

Оценка качества весенних вод озера позволяет отнести воды Тунайчи к удовлетворительно чистым, III классу чистоты.

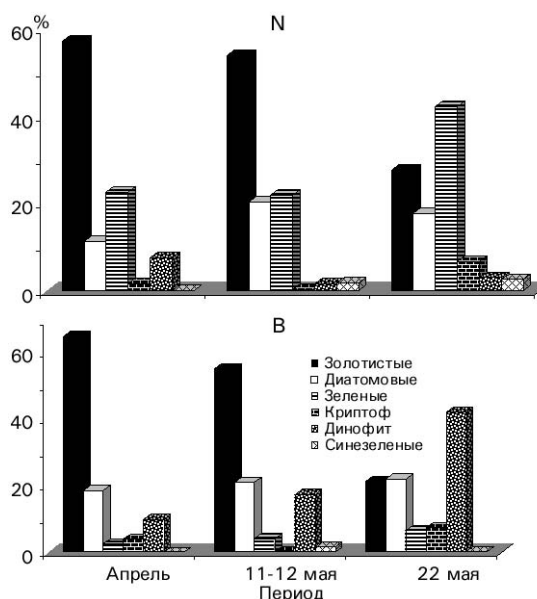


Рис. 3. Состав фитопланктона в % от общей численности (N) и биомассы (B) в оз. Тунайча в апреле–мае 2002 г.

Таблица 2

Индекс сапробности (S) в оз. Тунайча в весенний период 2002 г.

Период	№ станции					
	6	16	19	30	41	46
Апрель	1,57	1,66		1,75	1,8	1,99
11-12 мая	1,55	1,2	1,7	1,99	1,73	1,91
22 мая	1,55	1,56	1,65	1,75	1,78	1,9

Авторы выражают благодарность всем членам экспедиций, участвовавшим в сборе проб, сотрудникам ИБМ М.С. Селиной и О.Г. Шевченко за помощь в уточнении и определении 3 видов и Т.А. Могильниковой за консультацию при написании рукописи.

Литература

- Барина С.С., Медведева Л.А. Атлас водорослей – индикаторов сапробности (российский Дальний Восток). Владивосток: Дальнаука, 1996. 364с.
- Водоросли-индикаторы в оценке качества окружающей среды. Часть I. Барина С.С. Методические аспекты анализа биологического разнообразия водорослей. Часть II. Барина С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. Экологические и географические характеристики водорослей-индикаторов. М.: ВНИИ природы, 2000. 150 с.
- История озёр севера Азии / М.А. Андреева, В.И. Хомутова и др.; Под ред. Т.П. Жуковой. СПб.: Наука, 1995. 288 с.
- Кольцова Т.И. Определение объема и поверхности клеток фитопланктона // Биол. науки. 1970. № 6. С. 114–120.
- Коновалова Г.В., Орлова Т.Ю., Паутова Л.А. Атлас фитопланктона Японского моря. Л.: Наука, 1989. 160 с.
- Коновалова Г.В. Динофлагелляты (Dinophyta) дальневосточных морей России и сопредельных акваторий Тихого океана. Владивосток: Дальнаука, 1998. 298с.
- Коптяева Т.Ф. Фитопланктон Вавайских озер южного Сахалина // Озера южного Сахалина и их ихтиофауна. М.: Изд-во МГУ, 1964. С. 141–153.
- Макарова И.В., Пичкилы Л.О. К некоторым вопросам методики вычисления биомассы фитопланктона // Биол. журн. 1970. Т. 55, № 10. С. 1488–1494.
- Саматов А. Д., Лабай В.С. и др. Краткая характеристика водной биоты оз. Тунайча (Южный Сахалин) в летний период // Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов Сахалино-Курильского региона и сопредельных акваторий. Труды Сахалинского научно-исследовательского ин-та рыбного хоз-ва и океанографии. Южно-Сахалинск: СахНИРО, 2002. С. 258–269.
- Усова Н.П., Филатова В.И., Чернышёва Э.Р. О гидробиологическом состоянии озера Тунайча // Распределение и рациональное использование водных зооресурсов Сахалина и Курильских островов. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1980. С. 8–16.
- Федоров В.Д. О методах изучения фитопланктона и его активности. М.: Изд-во МГУ, 1979. 168 с.
- Cupp E.E. Marine plankton diatoms of the West coast of North America // Bull. Scripps Inst. Oceanogr. of the Univ. California, 1943. V. 5, N 1. 237 p.
- Hasle G. R., Fryxell G. A. Diatoms: cleaning and mounting for light and electron microscopy // Trans. Am. Microsc. Soc. 1970. V. 89. P. 469–474.