

## ФИТОПЛАНКТОН ГОРНЫХ ОЗЕР ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

© 2006 Н.А. Бондаренко

Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск

В сообщении приведены результаты исследования видового состава, особенностей структуры, численности и биомассы фитопланктона горных озер Прибайкалья, Забайкалья и юга Якутии. Исследовано около 70 относительно крупных и небольших озер, расположенных на абсолютной высоте от 330 до более 1900 м в хребтах Хамар-Дабана, Восточного Саяна, Кодара, Удокана, Каларского и Байкальского. Самое крупное из исследованных озер – Орон Витимский. В составе планктонной альгофлоры выявлено 196 таксонов рангом ниже рода из 7 отделов. Наиболее разнообразно представлены два рода *Dinobryon* (15 таксонов) и *Aulacoseira* (13 таксонов). Найдены байкальские эндемики: диатомовые *A. baicalensis* (K. Meyer) Sim., *Cyclotella baicalensis*, *C. minuta*, *Stephanodiscus meyeri*, а также спорообразующая форма *A. islandica*, кроме Байкала обитающая только в оз. Ханка и р. Амур; динофитовый *Gymnodinium baicalense* var. *minor*. В большинстве озер обитает реликт *Pliocaenicus costatus*, в древние времена имевший обширный ареал, простирающийся от Европы до Камчатки. Все озера в течение большей части года являются олиготрофными водоемами с биомассами фитопланктона от 30 до 200 мгЧм<sup>-3</sup>. В периоды максимумов в открытой части озер биомассы достигали 300 мгЧм<sup>-3</sup> и более, в их прибрежье – до 800 мгЧм<sup>-3</sup>. В сезонной динамике отмечено три максимума биомассы: зимний, весенний и осенний.

### Введение

Одной из характерных черт высокогорий Восточной Сибири является наличие множества озер, различающихся по физическим, химическим и другим параметрам, а также по происхождению. В отличие от озер альпийской зоны Европы и Америки экосистемы горных озер Восточной Сибири являются слабо изученными. Десятки и сотни озер этого региона не изучались вообще. Например, в литературе практически нет сведений по озерам Восточного Саяна и Хамар-Дабана (Прибайкалье), Удокана, Кодара и Каларского хребта (северо-восток Забайкалья). Между тем известно, что альпийские озера Европы являются модельными объектами для изучения редких и реликтовых видов растений и животных, необычных криофильных сообществ [44, 52, 60]. Биота горных и альпийских озер – интересный объект гидробиологических исследований. Суровый климат и ограниченные ресурсы этих водоемов пригодны для жизни лишь небольшого числа видов, поэтому считается, что их флора и фауна оказывается обедненной по сравнению с таковыми

равнинных водоемов.

Первые сообщения о водорослях горных озер региона принадлежат И.А. Киселёву [18], А.П. Скабичевскому [32], Е.Л. Шульге [38], А.Е. Томилову [35], Н.Л. Антиповой и Е.Л. Шульге [2]. Позднее были опубликованы сведения о количестве таксонов альгофлоры озера Орон без приведения видового списка [31, 34]. Достаточно полно, за исключением отделья криптофитовых и центральных диатомовых, представлена альгофлора оз. Леприндо [11]. Состав центральных диатомовых большинства изученных нами озер уточнялся с помощью электронной микроскопии [6, 14, 16]. Видовой состав фитопланктона оз. Иль chir опубликован автором ранее [41]. По остальным озерам и отделам водорослей приводятся первые сведения.

Целью настоящей работы являлось изучение разнообразия планктонных водорослей горных озер Восточной Сибири, выявление закономерностей функционирования фитопланктона этих объектов, оценка современного состояния их по состоянию фитопланктона.

## Материал и методы

Исследования проводились на горных озерах, расположенных на территории Иркутской, Читинской областей, а также республик Бурятия и Саха (Якутия), в пределах Байкальской рифтовой зоны (рис. 1). Исследовано более 70 озер, расположенных на Саяно-Байкальском становом нагорье, в формировании современного рельефа которого значительную роль сыграли плейстоценовые оледенения и сейсмические процессы в плейстоцENE и голоцене [10]. Одни из них связаны с областями распространения последнего оледенения, другие – с продолжающими прогибаться днищами межгорных котловин [29]. Озера встречаются обычно группами. В состав любой группы входят озера, разнообразные по морфологии ванн и водному режиму. Наиболее известны своими крупными озерами группы, расположенные в котловинах байкальского типа, например, Куандо-Чарская группа (Большое и Малое Леприндо, Леприндокан, Даватчан). Нередко озера бывают объединены речной системой или даже одной рекой. В верховьях рек нередки озера, как цепочкой нанизанные на русло реки. Наиболее часто встречаются они в районах древнего оледенения. Обычно эти озера мелкие (Амалык, Огиенко, Чининские), но иногда встречаются и глубокие, крупные, такие как озера группы Кирялта. Весьма многочисленны неглубокие озера-старицы, выработанные русловыми процессами, например, в районе верхнего течения р. Лена.

Из прибайкальских озер изучались Ильчир, из которого вытекает р. Иркут (приток р. Ангары), Окинское (бассейн р. Оки, другого притока Ангары) и три безымянных небольших озера, также расположенных в Восточном Саяне на высоте более 1900 м над уровнем моря. Три озера располагались в отрогах хребта Хамар-Дабан на высоте около 1800 м в бассейне рек Темник и Мишиха. Наибольшее среди них – Ильчир (длина 6,5 км, ширина - 0,5 км, максимальная глубина - 12 м).

Высокогорное озеро Изумрудное и озера-старицы Лены расположены на Байкальском хребте. Они небольшие по размерам (длина - 0,3-0,6 км, ширина 0,1-0,2 км), неглубокие (2-

7 м), холодноводные.

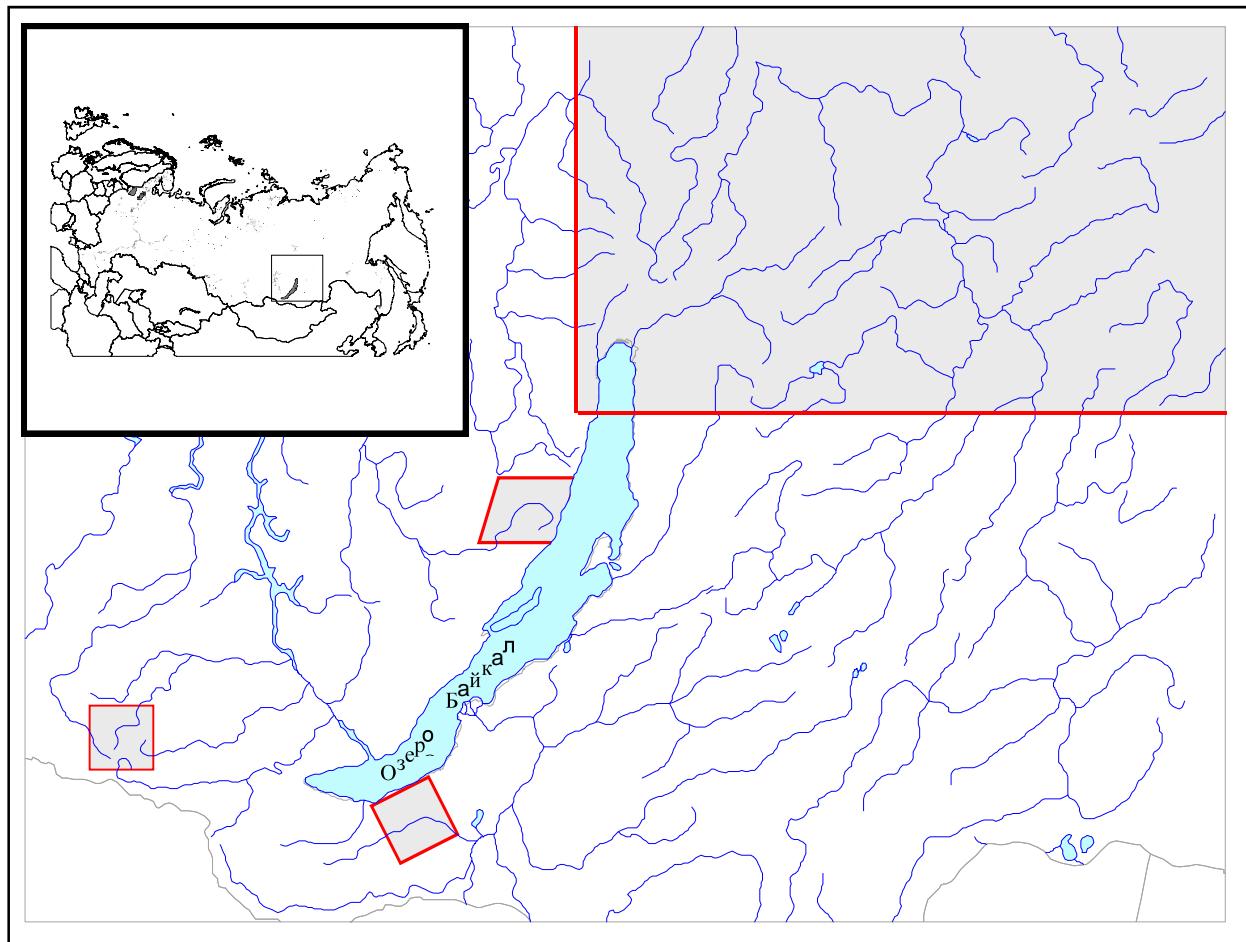
Большинство Забайкальских озер расположено в бассейнах притоков реки Лены (Витима, Олекмы, Чай, Чары) на севере и северо-востоке Саяно-Байкальского станового нагорья, начиная от Северо-Байкальского нагорья до хребтов Кодар и Удокан. Эти водоемы более глубокие, крупнее прибайкальских. Самое крупное – Орон Витимский. Его длина 18 км, ширина - 2,3-6,4 км, наибольшая глубина - 184 м [1, 35].

Основным источником питания озер является речной сток. Второстепенную роль играют осадки, выпадающие на их поверхность, и подземные воды.

Прозрачность глубоких озер колеблется от 8 до 17 м осенью и зимой, летом снижается до 4-7 м. Прозрачность неглубоких невысокая, 1-3 м, в старичных – иногда всего десятки сантиметров. Цвет воды от голубовато-зеленого до темно-голубого. Часто воды озер окрашены гумусовыми веществами в желто-коричневые тона, например, в оз. Леприндокан и озерах-старицах р. Лены.

Исследованные водоемы ультраолиготрофные, с высоким содержанием кислорода и сравнительно однородным химическим составом, относятся к гидрокарбонатному классу с преобладанием кальция. Минерализация воды низкая - 55-60 мг·л<sup>-1</sup>, редко больше, pH - 6,4-6,8. Степень минерализации зависит от площади водосборного бассейна и незначительно колеблется в зависимости от глубины и от сезона года, падая летом и усиливаясь зимой [29].

Все они покрыты льдом 8-9 месяцев в году. Как правило, вскрытие озер приурочено к первой – второй декаде июня. Температура воды повышается до конца первой – начала второй декады августа, после чего наблюдается ее устойчивое понижение. Максимальная температура поверхностного слоя воды редко превышает 14-16°C. В глубоких озерах летний прогрев поверхности воды значительно ниже. В этих озерах летом хорошо выражено температурное расслоение. Глубинная область сохраняет неизменную температуру: 4-6°C. В сентябре наблюдается гомотермия. Ледостав происходит в третьей декаде октября-



**Рис. 1. Карта-схема района исследования:  
выделенные площади - места расположения озер**

ря.

Отбирались как батометрические, так и сетные пробы, которые затем фиксировались раствором Утермёля и концентрировались отстойным методом. При обработке материала применялись традиционные в гидробиологии методы [19]. Концентрат просматривался в световом микроскопе «Pereval» в камере объемом 0,1 мл. При увеличении х720 учитывались и идентифицировались сетные формы и нанопланктон, х1200 - пикопланктон. Биомасса водорослей определялась с учетом индивидуальных объемов их клеток [20]. При составлении списка использованы системы, принятые в Вассер и др. [21]. Внутри рода виды расположены по алфавиту.

## Результаты

За время исследования в планктонной флоре водоемов данного региона было обнаружено 196 таксонов водорослей рангом

ниже рода из 7 отделов, 82 родов (таблица).

По разнообразию первое место занимали зеленые (63 таксона), второе – диатомовые (43), третье – золотистые водоросли (35). Разнообразна флора сине-зеленых водорослей – 31 вид. Отмечена тенденция накопления видовых и внутривидовых таксонов в сравнительно небольшом числе родов, наибольшее видовое богатство принадлежало родам: *Dinobryon* – 15 таксонов рангом ниже рода; *Aulacoseira* – 13 таксонов; *Cyclotella* – 9 видов; *Monoraphidium*, *Oscillatoria* и *Scenedesmus* – по 7 видов, *Gloeocapsa* – 6.

Одновременно выделено значительное количество маловидовых родов, что, по мнению некоторых авторов [11], является отличительной чертой низших растений северных флор. Практически во всех озерах наибольшим видовым разнообразием отличались два рода: *Dinobryon* и *Monoraphidium*. Это свойственно и другим водоемам бассейна Лены

[11, 30]. Водоросли рода *Dinobryon* – показатели олиготрофных условий, предпочитающие водоемы с минимальным содержанием минерального фосфора, типичные для северных глубоких озер, расположенных на древних коренных породах [24, 53]. Обильны и разнообразны они в озерах провинции Квебек в Канаде [55], в высокогорных озерах итальянских Альп [60]. Среди видов этого рода в исследуемых нами озерах присутствует довольно редкие в водоемах мира формы: *D. borgei*, *D. crenulatum*, *D. sociale* var. *americana*, *D. bavaricum* var. *medium*.

Надо отметить, что и другие представите-

ли золотистых были разнообразно представлены и относительно обильны. Численность представителей рода *Dinobryon* колебалась от 30 до 60 тыс. кл./л, *Kephyrion* – 30-100 тыс. кл./л.

Ведущее положение зеленых, более 32% от общего числа видов, в первую очередь, отражает время исследования озер: большинство из них изучалось в период открытой воды. Хорошо известно, что зеленые водоросли, особенно их представители из порядка хлорококковых, во всех водоемах планеты интенсивно развиваются летом.

**Таблица.** Список планктонных водорослей озер

### Cyanophyta

<i>Synechocystis limnetica</i> Popovsk.	<i>G. magma</i> (Breb.) K?tz emend. Hollerb.
<i>Synechococcus</i> sp.	<i>G. minuta</i> (Kiss.) Hollerb.
<i>Rhabdoderma lineare</i> (Schmidle et Laut.) Holler.	<i>G. turgida</i> (K?tz.) Hollerb.
<i>Dactylococcopsis raphidiooides</i> Hansg.	<i>Coelosphaerium kuetzingianum</i> Naeg.
<i>D. scenedesmoides</i> Nyg.	<i>Gomphosphaeria lacustris</i> Chod.
<i>Merismopedia glauca</i> (Ehr.) Naeg.	<i>Xenococcus kernerii</i> Hansg.
<i>M. marssonii</i> Lemm.	<i>Anabaena flos-aquae</i> (Lyngb.) Breb.
<i>M. tenuissima</i> Lemm.	<i>A. spiroides</i> Klebs.
<i>Tetrapedia gothica</i> Reinsch	<i>Aphanizomenon elenkinii</i> Kissel.
<i>Microcystis aeruginosa</i> (K?tz.) f. flos aquae Elenk.	<i>Oscillatoria geminata</i> (Menegh.)
<i>M. pulvrea</i> (Wood) Forti f. holsatica (Lemm.)	<i>O. granulata</i> Gardner
<i>Aphanothece clathrata</i> W. et G.S. West	<i>O. kisselevii</i> Anissim.
<i>Gloeocapsa alpina</i> (Naeg.) Brand	<i>O. lacustris</i> (Kleb.) Geitl.
<i>G. chroococcoides</i> Nova?ek	<i>O. ornata</i> (K?tz) Gom.
<i>G. limnetica</i> (Lemm.) Hollerb.	<i>O. plantonica</i> Wo?osz.
	<i>O. tenuis</i> Ag.
	<i>Lyngbya limnetica</i> Lemm.

### Chrysophyta

<i>Chromulina ovalis</i> Klebs	<i>D. bavaricum</i> var. <i>medium</i> (Lemm.)
<i>Chrysococcus biporus</i> Skuja	<i>Krieger</i>
<i>Ch. radians</i> Conrad	<i>D. borgei</i> Lemm.
<i>Ch. rufescens</i> Klebs	<i>D. crenulatum</i> W. et G.S. West
<i>Ch. rufescens</i> var. <i>compressa</i> Skuja	<i>D. cylindricum</i> Imhof var. <i>cylindricum</i>
<i>Kephyrion boreale</i> Skuja	<i>D. cylindricum</i> Imhof var. <i>alpinum</i> (Imhof) Brachmann
<i>K. elegans</i> (Hilliard) Starmach	<i>D. divergens</i> Imhof var. <i>divergens</i>
<i>K. inconstans</i> (Schmid) Bourrelly	<i>D. divergens</i> var. <i>angulatum</i> (Seligo)
<i>K. litorale</i> Lund	<i>Brunnhalter</i>
<i>K. ovale</i> (Lackey) Huber-Pestalozzi	<i>D. korshikovii</i> Matvienko
<i>Dinobryon bavaricum</i> Imhof var. <i>bavaricum</i>	<i>D. sertularia</i> Ehrenberg var. <i>sertularia</i>

<i>D. sertularia</i> var. <i>protuberans</i> (Lemm.) Krieg.	<i>Stylochrysallis libera</i> (Fott) Bourrelly
<i>D. sociale</i> Ehrenberg var. <i>sociale</i>	<i>Mallomonas</i> sp.
<i>D. sociale</i> Ehrenberg var. <i>americanum</i> (Brunnthal) Brachmann	<i>M. coronata</i> Bolochonzew
<i>D. spirale</i> Iwanoff	<i>M. alpina</i> (Pasch. et Ruttner) Asmund et Kristiansen
<i>D. sueicum</i> var. <i>longispinum</i> Lemm.	<i>Spiniferomonas bourrellyi</i> Takahashi
<i>Chrysolykos planctonicus</i> Mack	<i>Bitrichia chodatii</i> (Reverdin) Chodat
<i>Ch. skujai</i> (Nauwerck) Bourrelly	<i>B. phaseolus</i> (Fott) Bourrelly
	<i>Chrysidalis peritaphrena</i> Schiller

### Cryptophyta

<i>Rhodomonas lens</i> Pasch. et Ruttner	<i>C. erosa</i> Ehr.
<i>Rh. pusilla</i> (Bachmann) Javornicky	<i>C. gracilis</i> Skuja
<i>Chroomonas acuta</i> Uterm.	<i>C. marssonii</i> Skuja
<i>Cryptomonas cf. brevis</i> Schiller	<i>C. ovata</i> Ehr.
<i>C. borealis</i> Skuja	<i>C. reflexa</i> Skuja
<i>Cryptomonas curvata</i> Ehrenberg	

### Dinophyta

<i>Gymnodinium baicalense</i> var. <i>minor</i>	<i>P. bipes</i> f. <i>tabulatum</i> (Ehr.) Lefevre
<i>Antipova</i>	<i>P. cinctum</i> (O.F.M?ller) Ehr.
<i>G. coeruleum</i> Antipova	<i>P. cf. pusillum</i> (Penard) Lemm.
<i>Glenodinium</i> sp.	<i>Ceratium hirundinella</i> (O.F.M?ller)
<i>Peridinium aciculiferum</i> Lemm.	Schrank
<i>P.bipes</i> Stein	

### Bacillariophyta

<i>Stephanodiscus agassizensis</i> Hak. et Kling	<i>A. baicalensis</i> (K. Meyer) Sim.
<i>S. binderanus</i> (Kuetz.) Krieg.	<i>A. distans</i> var. <i>nivalis</i> (W. Sm.) Haworth
<i>S. hantzschii</i> Grun.	<i>A. granulata</i> (Ehr.) Simonsen
<i>S. invistatus</i> Hohn et Hellerman	<i>A. islandica</i> (O.Muell.) Sim.
<i>S. meyeri</i> Genkal et Popovsk.	<i>A. italicica</i> (Ehr.) Sim.
<i>S. minutulus</i> (Kuetz.) Cleve et Moller	<i>A. lirata</i> (Ehr.) Ross
<i>Pliocaenicus costatus</i> (Log., Lupik. et Churs.) Round et Hakansson	<i>A. perglabra</i> (Oestrup) Haworth
<i>Cyclostephanos dubius</i> (Fricke) Round	<i>A. subarctica</i> (O.Muell.) Haworth
<i>Cyclotella</i> sp.	<i>A. tenella</i> (Nygaard) Sim.
<i>C. baicalensis</i> Skv.	<i>A. volgensis</i> Genkal
<i>C. bodanica</i> Eulenst.	<i>A. valida</i> (Grun.) Krammer
<i>C. glomerata</i> Bachmann	<i>Urosolenia eriensis</i> var. <i>morsa</i> (W. et G.West) Round et Crawford
<i>C. meneghiniana</i> Kuetz.	<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton
<i>C. minuta</i> Antip.	<i>Synedra ulna</i> var. <i>danica</i> (Kuetz.) Grunow
<i>C. ocellata</i> Pant.	<i>S. acus</i> K?tz.var. <i>radians</i> (Kuetz.) Hust.
<i>C. radiosua</i> (Grun.) Lemm.	<i>S. cyclopum</i> Brutschy
<i>C. tripudita</i> H?kansson	<i>Asterionella formosa</i> Hass.
<i>Ellerbeckia arenaria</i> (Moore ex Ralfs) Crawford	<i>Diatoma elongatum</i> (Lyngb.) Ag.
<i>Melosira varians</i> Ag.	<i>D. vulgare</i> Bory
<i>Aulacoseira alpigena</i> (Grun.) Krammer	<i>Tabellaria fenestrata</i> (Lyngb.) (Kuetz.)
<i>ambigua</i> (Grun.) Sim.	<i>T. flocculosa</i> (Roth.) Kuetz.
	<i>Nitzschia</i> cf. <i>acicularis</i> W. Sm.

**Chlorophyta**

<i>Chlamydomonas</i> sp.	<i>C. microporum</i> Naegeli
<i>Schroederia setigera</i> (Schroed.) Lemm.	<i>Actinastrum hantzschii</i> Lagerh.
<i>Desmatractum indutum</i> (Geit.) Pasch.	<i>Westella botryoides</i> (W. West)
<i>Pediastrum boryanum</i> (Turp.) Menegh.	De-Wildeman
<i>P. duplex</i> Meyen	<i>Tetrastrum elegans</i> Playfair
<i>Pseudodictyosphaerium minusculum</i>	<i>T. komarekii</i> Hindak
Hindak	<i>Didymocystis planctonica</i> Korschikoff
<i>Dictyosphaerium ehrenbergeanum</i> Nag.	<i>Scenedesmus apiculatus</i> (W. et G.S. West)
<i>D. pulchellum</i> Wood	Chodat
<i>Botryococcus braunii</i> Kuetz.	<i>S. circumfusus</i> Hortob.
<i>Coenochloris fottii</i> (Hind.) Tzar.	<i>S. ellipticus</i> Corda
<i>Tetraedron triangulare</i> Korsch.	<i>S. falcatus</i> Chod.
<i>T. minimum</i> (A. Br.) Hansgirg	<i>S. obliquus</i> (Turp.) Kuetz.
<i>Lagerheimia genevensis</i> (Chod.) Chodat	<i>S. obtusus</i> Meyen
<i>Oocystis borgei</i> Snow	<i>S. quadricauda</i> (Turp.) Brebisson
<i>O. lacustris</i> Chodat	<i>Koliella longiseta</i> (Vischer) Hind.
<i>O. marssonii</i> Lemm.	<i>Elakatothrix genevensis</i> (Reverd) Hindak
<i>O. submarina</i> Lagerh.	<i>Gonatozygon monotaenium</i> De Bary
<i>O. parva</i> W. et G.S. West	<i>Closterium moniliferum</i> (Bory) Ehr.
<i>Closteriopsis acicularis</i> (G.M.Smith)	<i>Raphidiastrum aviculoides</i> (Groenbl.)
Belcher et Swale	Pal.-Mordv.
<i>Monoraphidium arcuatum</i> (Korsch.)	<i>Stauromedesmus glaber</i> (Ehr.) Teil.
Hindak	<i>S. jaculiferus</i> (West) Teil.
<i>M. contortum</i> (Thur.) Kom.-Legn.	<i>S. inflexum</i> Breb.
<i>M. convolutum</i> (Corda) Kom.-Legn.	<i>S. sibiricus</i> (Borge) Croas.
<i>M. irregulare</i> (G.M. Smith) Kom.-Legn.	<i>Staurastrum gracile</i> Ralfs
<i>M. griffithii</i> (Berkel) Kom.-Legn.	<i>S. paradoxum</i> Meyen
<i>M. minutum</i> (Naeg) Kom.-Legn.	<i>S. plancticum</i> Teil.
<i>M. tortile</i> (W. et G.S. West) Kom.-Legn.	<i>S. polymorphum</i> Breb.
<i>Kirchneriella lunaris</i> (Kirchner) Moebius	<i>S. pseudopelagicum</i> W. et G.S. West
<i>Raphidocelis subcapitata</i> (Korsch.)	<i>S. sebaldii</i> var. <i>productum</i> W. et G.S. West
Nygaard et al.	<i>Cosmarium ornatum</i> Ralfs
<i>Ankistrodesmus falcatus</i> (Corda) Ralfs	<i>C. reniforme</i> (Ralfs) Arch.
<i>fusiformis</i> Corda ex Korschikoff	<i>Spondilosium papillosum</i> W. et G.S. West
<i>Coelastrum astroideum</i> De-Notaris	<i>Hyalotheca</i> sp.

**Euglenophyta**

<i>Euglena acus</i> Ehr.	<i>Trachelomonas hispida</i> (Perty) Stein em.
<i>Strombomonas</i> sp.	Defl. <i>T. volvocina</i> Ehr.

Хлорокковых найдено 42 таксона рангом ниже родового. Представители рода *Monoraphidium* являются характерными обитателями и других высокогорных озер региона [41, 48]. За представителями рода *Monoraphidium*, которые были не только разнообразны, но и обильны, по числу видов следует род *Oocystis*

– 5. В некоторых озерах, особенно небольших и мелких, были разнообразны и обильны десмидиевые. Считается, что эти водоросли характерны для малопроточных и маломинерализованных водоемов, приуроченных к местам выхода кристаллических пород и к ацидным условиям, большое значение для разви-

тия десмидиевых придается и степени заражения водоемов [36, 37]. Возможно, что в наших озерах некоторые виды этой группы вносились впадающими ручьями, протекающими по окружающей водоемы заболоченной территории. Как по количеству видов, так и по численности, доминировали два рода: *Stauromedesmus* и *Staurastrum*. В летний период их численность колебалась от 20 до 50 тыс. кл./л.

Род *Aulacoseira* – ключевой род в планктоне крупных, глубоких озер мира [15, 26–28, 39, 43, 45, 51, 54, 58, 59, 61]. Большинство зарегистрированных нами видов *Aulacoseira* встречаются в высокогорных озерах Альп [60]. Надо отметить, что представители рода в наших озерах не были обильны, их численность, как правило, редко превышала 5–20 тыс. кл./л. Из диатомовых доминировали виды рода *Cyclotella*, численность которых колебалась в пределах 30–500 тыс. кл./л, иногда больше. Причем, обильны они были, практически во всех без исключения озерах с марта до ноября.

Криптофитовые и динофитовые водоросли обычно разнообразны и развиваются в массе в озерах Восточной Сибири в холодное время года, особенно в подледном планктоне [41]. Общий для всех озер вид – криптофитовый *Rhodomonas pusilla*. Он вместе с золотистыми составляет типичный холодноводный комплекс, характерный для весенне-го и осеннего планктона озер не только умеренной зоны, но и Большеземельской тундры [36, 37, 56], высокогорных озер итальянских Альп [60].

Несмотря на то, что сине-зеленые – обычные обитатели мелких, теплых, эвтрофных водоемов, в исследованных озерах они были представлены довольно разнообразно, особенно два рода *Oscillatoria* и *Gloeocapsa*. Присутствовавшие в планктоне почти всех водоемов *G. chroococcoides* и *O. geminata* – обитатели и других высокогорных озер Восточной Сибири [25]. *Merismopedia tenuissima* – самый массовый представитель отдела во многих озерах. Большое разнообразие и обилие синезеленных характерно также для озер Кольского полуострова [24], Якутии [21], Тай-

мыра [17].

Биогеоанализ показал, что планктонные водоросли исследуемого района представлены в первую очередь широко распространенными в водоемах планеты видами, их 70%. Как правило, космополитический характер альгоценозов отмечается не только для озер умеренной зоны, но и Субарктики [37, 40]. Наибольший интерес в связи с особенностями природных условий озер представляют арктоальпийские организмы, например, *Aulacoseira distans* и ее разновидности, *Tabellaria flocculosa* и др. Арктоальпийских форм - 3%. Значительную часть (22%) составляют обитатели умеренных широт, бореальные организмы: *Tabellaria fenestrata*, *Dinobryon bavaricum* и т.д. Интересен *Pliocaenicus costatus*, в древние времена имевший обширный ареал, начиная от водоемов Германии и вплоть до Камчатки [46]. Сейчас в живом состоянии водоросль найдена пока только в Байкале и в небольших водоёмах вокруг него [32, 33, 46], а также на Чукотке [12]. Нами он отмечен практически во всех исследованных водоёмах. Это постоянный, хотя и немногочисленный обитатель высокогорных озёр Забайкалья и Прибайкалья [14]. Специфичен набор видов рода *Aulacoseira*, свойственный высокогорным озёрам Восточной Сибири. В планктоне Орона найдены водоросли, считающиеся байкальскими эндемиками: сине-зеленая *Synechocystis limnetica*, динофитовая *Gymnodinium baicalense* var. *minor*, среди диатомовых – *Stephanodiscus meyeri*. Еще в шести озерах зафиксированы байкальские эндемики *A. baicalensis*, *Cyclotella baicalensis*, *C. minuta*, *Stephanodiscus meyeri*, а также спорообразующая форма *A. islandica* [6, 16], кроме Байкала обитающая только в оз. Ханка и других водоемах бассейна р. Амур [3, 13].

Выделено единое ядро альгофлоры высокогорных озер Прибайкалья и Забайкалья. В первую очередь в него входят: *Rhodomonas pusilla*, *Cryptomonas reflexa*, *C. marssonii*, *Dinobryon bavaricum*, *D. divergens*, *D. sociale*, *D. cylindricum*, *Bitrichia chodatii*, *Pliocaenicus costatus*, *Cyclotella tripartita*, *C. ocellata*, *Aulacoseira subarctica*, *Synedra acus*, *Tabellaria*

*fenestrata*, *T. flocculosa*, *Schroederia setigera*, *Dictyosphaerium pulchellum*, *Closteriopsis acicularis*, *Monoraphidium contortum*, *M. arcuatum*, а также виды рода *Synechococcus*. Большинство из них обитают в других озерах региона, а также в Байкале [4]. Из выявленного состава более 50% видов являются общими с Байкалом. Это восточносибирский комплекс планктонной альгофлоры олиготрофных горных и высокогорных озер.

Несмотря на большое количество общих видов, состав фитопланктона в исследуемых озерах достаточно разнороден. Особенности таксономической структуры альгофлоры зависели, в первую очередь, от микроклимата, ландшафта, строения озерных котловин и условий водосбора. Наиболее близки по видовому составу фитопланктона озера Леприndo и Леприндакан, коэффициент общности по Соренсену составил 60%.

**Сезонная динамика.** В литературных сводках рассматриваются разные типы сезонной динамики фитопланктона в горных и альпийских озерах. Для европейских приводятся два типа, отличающиеся по количеству пиков первичной продукции в течение свободного от льда периода. Большинство озер с длинным периодом летней стратификации имеют тенденцию к двум максимумам продуктивности: один в начале стратификации, другой осенью, в период перемешивания [42]. В озерах с короткой стратификацией наблюдается один пик. Чаще сообщается только об одном годовом максимуме в развитии фитопланктона горных озер Центральной Азии [7, 8]. Максимальные величины первичной продукции в альпийских озерах Северной Америки, как правило, наблюдаются в подледный период, в ноябре-декабре и январе-феврале [49, 57].

В горных озерах Восточной Сибири нами прослежена следующая сезонная динамика. Зима - начало весны – это период интенсивного развития криптофитовых водорослей родов *Rhodomonas*, *Cryptomonas* и часто золотистых (виды родов *Chrysococcus* и *Dinobryon*). Общее количество криптофитовых превышало 300-500 тыс. кл./л. Зимний максимум, интересен тем, что отмечен при

неблагоприятных для фотосинтеза световых условиях. В это время ледяной покров достигал более 1 м, снежный – 15-20 см. Но отмеченные нами жгутиковые формы толерантны к низкому уровню освещенности в водоёмах, к тому же они – миксотрофы. Основная причина интенсивного подледного, январско-февральского «цветения» в озёрах, по нашему мнению, – достаточное количество легко усвояемой низкомолекулярной органической пищи для миксотрофных видов водорослей.

Нарастание биомассы диатомовых в подледный период тормозилось плохими световыми условиями из-за большой толщины снежного покрова. Исключение составляют виды рода *Aulacoseira*. Большинство из них – ледовые организмы, их развитие начинается в интерстициальной воде нижнего слоя льда, отсюда позже они попадают в планктон [5, 6]. Весна (апрель–июнь) – период расцвета диатомовых, особенно центрических; снижалось количество сине-зеленых и криптофитовых, в первую очередь представителей рода *Cryptomonas*, доминировавших зимой. Среди последней группы весной наибольшей численности достигал *Rhodomonas pusilla*. Были обильны золотистые рода *Dinobryon* и динофлагелляты рода *Peridinium*. Весеннее развитие фитопланктона достигало максимума в июне после таяния ледяного покрова озер. Были обильны диатомовые, в первую очередь виды родов *Cyclotella*, *Stephanodiscus* и золотистые роды *Dinobryon* или *Mallomonas*. Конец июня – период завершения весенней вегетации планктонных водорослей в этих водоемах.

Как правило, на конец июня – начало июля приходится так называемая стадия чистой воды [37], т.е. переход от завершенной весенней вегетации к летней фазе развития. Поэтому практически во всех озерах фитопланктон был беден (рис. 3, июль 2000 г.): незначительные количества оставшегося весеннего криптофитово-диатомово-золотистого комплекса и только начинающего вегетацию летнего комплекса, представленного преимущественно сине-зелеными и хлорококковыми водорослями. В конце июля и в августе

роль зеленых (с доминированием родов *Monoraphidium*, *Pseudodictyosphaerium*, *Dictyosphaerium*, *Oocystis*, *Schroederia*, обычных для олиготрофных водоемов) и сине-зеленых (*Gloeocapsa*, *Oscillatoria*, *Merismopedia*) возрастает (рис. 3). В более мелких водоемах значительна роль десмидиевых. К концу лета увеличивалось количество диатомовых. В некоторых высокогорных озерах отмечено значительное количество динофитовой *Ceratium hirundinella* (до 3-5 тыс. кл./л.). Во всех исследованных озерах в летний период обилен фотоавтотрофный пикопланктон, в котором доминируют сине-зеленые, в первую очередь представители рода *Synechococcus*. В течение лета свет не лимитировал вегетацию водорослей. Согласно исследованиям Дж. Мур [53], проведенных на глубоких, олиготрофных озерах севера Канады, в таких озерах изменения температуры и световые условия являются самыми важными факторами, влияющими на время наступления вегетации водорослей и ее продолжительность, концентрации питательных веществ только контролируют интенсивность роста. Летом основным стимулирующим фактором роста фитопланктона в наших озерах выступала повышенная температура воды. Ярко выраженного пика не наблюдалось вследствие недостаточно высоких концентраций биогенных элементов.

Осень (конец сентября-октябрь) - период наибольшего видового разнообразия фитопланктона и максимальных показателей биомассы в открытой части озер (рис. 2, 4). Так же как и весной, в планктоне преобладали криптофитовые и диатомовые водоросли, увеличивалась численность золотистых. Суммарное влияние повышенной температуры, освещенности и относительно высоких концентраций питательных веществ приводили к четко выраженному октябрьскому максимуму. Самый высокий пик биомассы фитопланктона глубоких альпийских озер Европы регистрируется также в октябре [60].

Таким образом, в развитии фитопланктона горных и альпийских озер исследуемого региона было отмечено три максимума (рис. 2). Наиболее интересен, с нашей точки зрения,

зимний максимум (в январе-феврале). Подобный феномен описан для Телецкого озера (Горный Алтай), где в некоторые годы в феврале-марте происходило развитие сине-зеленых водорослей [23]. Подледное развитие наблюдалось и в высокогорном озере Хубсугул (Монголия) [20]. В планктоне Байкала ежегодно отмечалось развитие в подледный период тех же видов криптофитовых, что и в высокогорных озерах, но не столь интенсивное.

Биомасса редко превышала 50-100 мг/м<sup>3</sup>, в периоды максимумов в открытой части озер достигала 300 мг, в их прибрежье – до 800 мг (рис. 3, 4), т.е. иногда количественные характеристики фитопланктона исследованных озер были выше, чем в ультраолиготрофных водоемах. Выявленные нами продукционные характеристики фитопланктона свойственны и другим альпийским озерам мира [20, 23, 41, 48-50, 53, 57].

Полученные данные позволяют не только оценить видовой состав, особенности структуры низших растений конкретных водоемов и их продукционный потенциал, но также констатировать тот факт, что все высокогорные водоемы исследуемого региона являются чистыми без признаков загрязнения. Некоторые исследуемые озера-старицы р. Лены в зимний период подвержены «биологическому» загрязнению, в них происходят интенсивные процессы гниения органических веществ, сопровождающиеся массовым развитием миксотрофных видов водорослей, в первую очередь эвгленовых. Токсичных водорослей, вызывающих «цветение» воды, в составе фитопланктона изученных озер не выявлено. Сапробный индекс видов – показателей сапробности колеблется в пределах 0,6-2,15 (от ксеносапробности до бета-мезосапробности). Многочисленны показатели чистых вод – олигосапробы. Водоросли абсолютно чистых вод – ксеносапробы и олиго-ксеносапробы единичны. Полисапробы не встречены.

Имеются сводки [52, 60] о структурных изменениях биоты альпийских озер Европы. В первую очередь, все зарегистрированные изменения связывают с нарастающим антро-

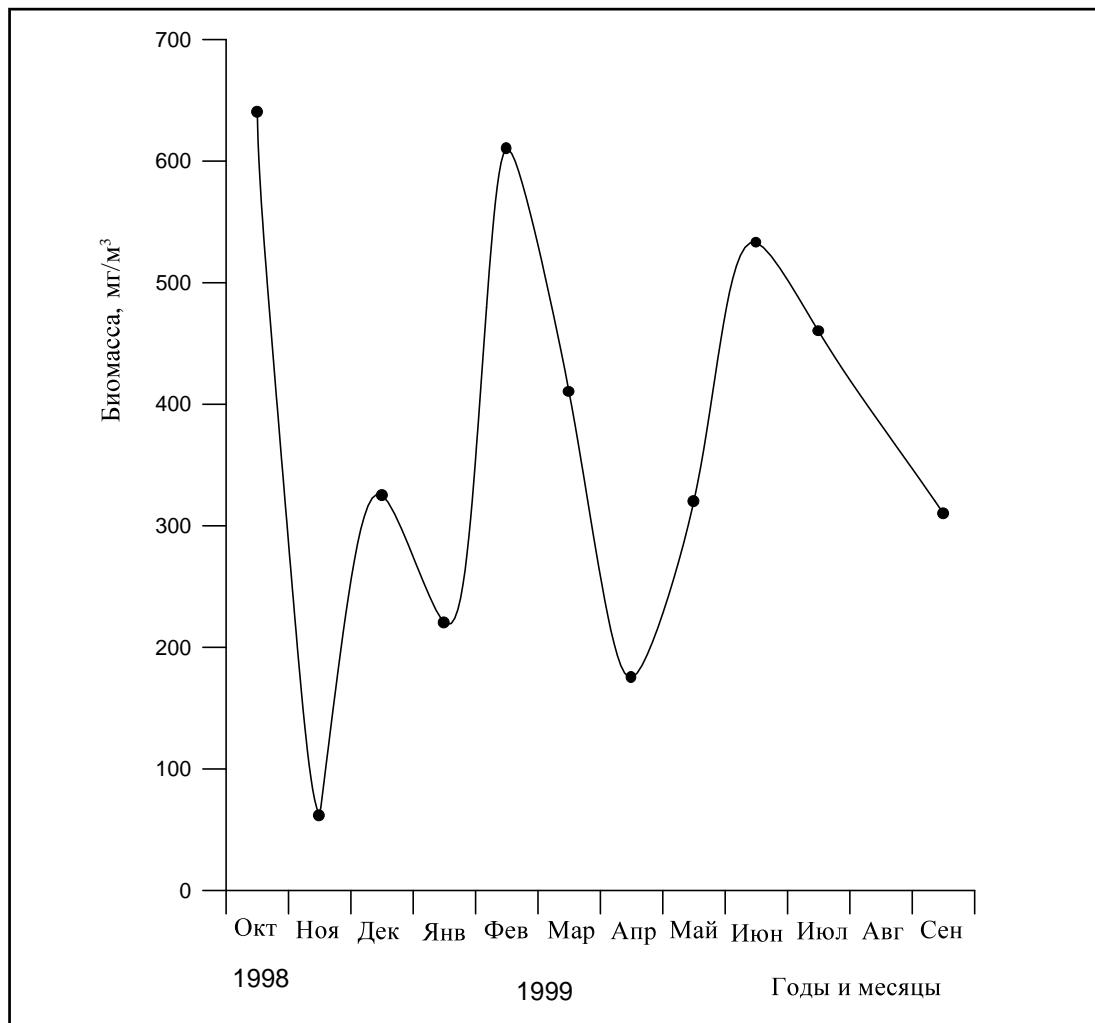


Рис. 2. Сезонная динамика биомассы фитопланктона в альпийском озере Ильчир

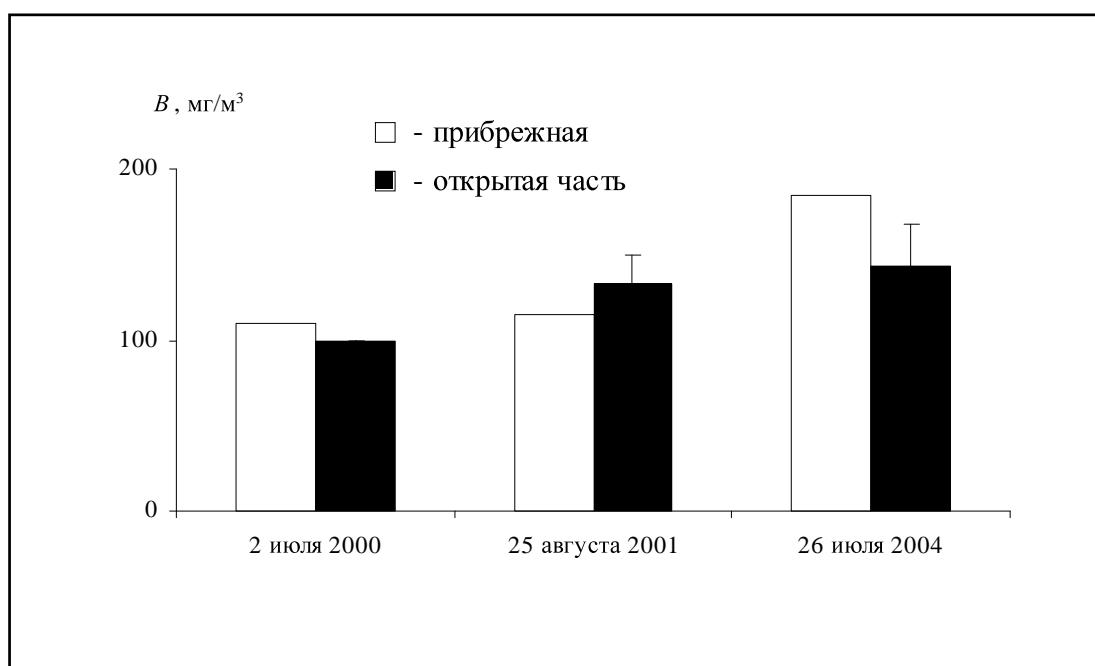
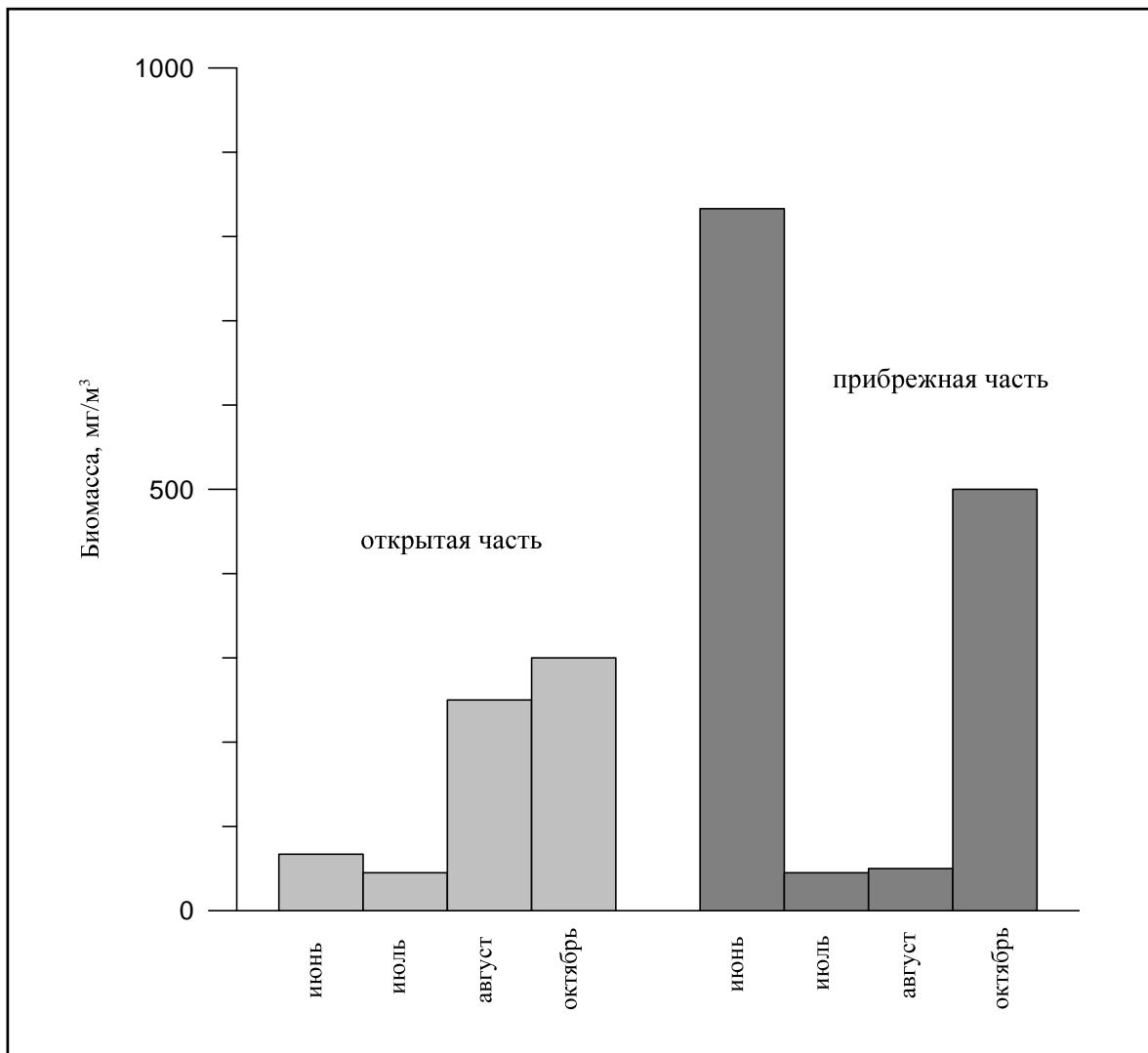


Рис. 3. Изменения биомассы фитопланктона озера Камканда в летнее время



**Рис. 4.** Динамика биомассы фитопланктона в озере Орон  
(усредненные данные за 2000-2003 гг.)

погенным влиянием, вследствие воздушного переноса, приводящим к ацидофикации озер. Происходят ли аналогичные изменения в наших озерах? Обилие и разнообразие в планктоне мелких центрических диатомовых, в первую очередь представителей рода *Cyclotella* и *Aulacoseira*, наличие реликта *Pliocaenicus costatus* свидетельствует о том, что экосистемы исследуемых альпийских и горных озер не подвержены загрязнению.

### Заключение

Обобщая полученные результаты, можно отметить, что в озерах обследованного региона было обнаружено 196 таксонов планктонных водорослей рангом ниже рода из 7 отделов: сине-зеленых - 31, золотистых - 35, кри-

тофитовых - 11, динофитовых - 9, диатомовых - 43, зеленых - 63 таксонов и эвгленовых - 3. Наибольшего видового разнообразия достигали зеленые, диатомовые и золотистые водоросли. Самые многочисленные роды - *Dinobryon* и *Aulacoseira* (15 и 13 видов и разновидностей), затем *Monoraphidium* (7). Видовая структура озер имела черты определенного сходства. Общие виды практически для всех озер: *Rhodomonas pusilla*, *Cyclotella tripartita* либо *C. ocellata*, *Bitrichia chodatii*, *Tabellaria fenestrata*, *T. flocculosa*, для ряда озер – *Pliocaenicus costatus*, *Dinobryon bavaricum*, *D. sociale*, *D. divergens*, *Aulacoseira subarctica*, *Synedra acus*. В большинстве озёр обитают *D. crenulatum* и *Peridinium bipes*. Наиболее часто встречаются среди зелёных,

после видов рода *Monoraphidium*, либо *Pseudodictyosphaerium minusculum*, либо *Dictyosphaerium pulchellum*, либо *Schroederia setigera*. Вероятно, именно перечисленные водоросли в период открытой воды формируют ядро планктонной альгофлоры исследуемых озер. Большинство из них характерны и для других альпийских озер региона [41], и, в частности, для оз. Хубсугул [20, 48, 50], а также Байкала [4].

В забайкальских озерах найдены байкальские эндемики *A. baicalensis* (K. Meyer) Sim., *C. baicalensis*, *C. minuta*, *S. meyeri*, а также спорообразующая форма *A. islandica*. Кроме того, найден и реликт *P. costatus*. Исчезновение вида в водоемах Европы Р. Флауэр с соавторами [46] связывают с палеоклиматическими изменениями. В противоположность нашим озерам, в высокогорных озерах Европы планктонные диатомовые мало разнообразны и крайне скучны, что объясняется защелением европейских водоемов [44, 52]. И, наоборот, динофитовые, обильные и разнообразные в большинстве горных озер мира [47, 60], в озерах Забайкалья относительно немногочисленны и представлены небольшим количеством видов.

Основным механизмом, сохраняющим устойчивое функционирование первичного звена планктона экосистем, существующих в экстремальных условиях Восточной Сибири, и особенно в ее горных областях, является его круглогодичное функционирование. Основными адаптациями первичного звена план-

ктона к условиям озер с лимитированными энергетическими ресурсами являются:

- бурная подледная вегетация в условиях неблагоприятных для фотосинтеза (при большой толщине и заснеженности льда) миксотрофных водорослей: синезелёных, криптофитовых, динофитовых, золотистых, - приводящая к самому высокому в течение года пику численности и значительному пику биомассы;
- наличие ледовых водорослей, массовое развитие которых, в первую очередь диатомовых, динофитовых и улотриксовых, в интерстициальной ледовой воде приводит к весенним пикам биомассы;
- преобладание среди первичных продуцентов мелких форм и ограниченное количество крупных;
- развитие в моменты неблагоприятные для вегетации крупных форм водорослей автотрофного пикопланктона, обладающего высокой скоростью оборота биомассы и являющегося одним из основных демпферов устойчивого функционирования.

## Благодарности

Работа была частично финансирована Программой СО РАН «Биоразнообразие и динамика генофондов». Автор выражает свою благодарность сотрудникам кафедры зоологии позвоночных ИГУ А.Н. Матвееву и В.П. Самусёнку за предоставленные пробы фитопланктона горных озер Забайкалья.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев С.С., Булдыгеров В.В., Пичугин М.Ю., Самусенок В.П. Распространение арктического гольца *Salvelinus alpinus* (Salmonidae) в Забайкалье // Вопросы ихтиол. 1999. Т. 39, № 1.
2. Антипова Н.Л., Шульга Е.Л. Некоторые данные о планктоне озер Большое Леприндо и Леприндокан в подледный период // Сборник кратких сообщений и докладов о научной работе по биологии и почвоведению. Приложение к отчету о НИР за 1962 год. Иркутск: Вост.-Сиб. кн. изд-во, 1964.
3. Баринова С.С., Медведева Л.А. Атлас водорослей - индикаторов сапробности. Владивосток, 1996.
4. Бондаренко Н.А. Список планктонных водорослей Байкала // Атлас и определитель пелагобионтов Байкала с краткими очерками по их экологии. Новосибирск: Наука, 1995.
5. Бондаренко Н.А. Особенности биологии водорослей рода *Aulacoseira* на примере его байкальских представителей // Тез. докл. VIII школа диатомологов России и стран СНГ «Морфология, экология и биогеография диатомовых водорослей», Борок, 16-19 сентября

- ря 2002 г. Борок, 2002.
6. Бондаренко Н.А., Генкал С.И. О находке байкальских эндемичных водорослей в горных озерах Забайкалья // Бот. журн. 2005. Т. 90, № 9.
  7. Васильева-Кралина И.И. Водоросли основных типов озер криолитозоны Якутии // Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды. Тез. докл. Междунар. научн. конф. по озерным экосистемам. Минск, 1999.
  8. Васильева-Кралина И.И. Альгофлора и ритмы их развития в озерах Якутии // Материалы междунар. конф. «Озера холодных регионов». Часть 2. Гидробиологические вопросы. Якутск, 2000.
  9. Вассер С.П., Кондратьева Н.В., Масюк Н.П. и др. Водоросли. Справочник. Киев: Наукова думка, 1989.
  10. Вдовин В.В. Основные этапы развития рельефа. М.: Наука, 1976.
  11. Габышев В.А., Ремигайло П.А. Фитопланктон водоемов бассейна р. Молодо (Якутия) // Сиб. экол. журн. 2003. № 4.
  12. Генкал С.И. О систематическом положении *Stephanodiscus dubius* var. *arcticus* Seczkina // Биология внутренних вод. Информ. Бюл. Л., 1990. № 88.
  13. Генкал С.И., Щур Л.А. Новые данные к флоре Bacillariophyta озера Ханка (Приморский край, Россия) // Альгология. 2000. Т. 10, № 3.
  14. Генкал С.И., Бондаренко Н.А. Материалы к флоре водорослей (Centrophyceae, Bacillariophyta) некоторых озер Прибайкалья и Забайкалья // Биол. внутр. вод. 2001. № 1.
  15. Генкал С.И., Трифонова И.С. К изучению центральных водорослей (Centrophyceae, Bacillariophyta) планктона Ладожского озера // Альгология. 2003. Т. 13, № 3.
  16. Генкал С.И., Бондаренко Н.А. Электронно-микроскопическое изучение Bacillariophyta планктона горных озер бассейна р. Лены. I. Centrophyceae // Бот. журн. 2004. Т. 89, № 10.
  17. Ермолаев В.И. Водоросли водоемов Таймыра // Биологические проблемы Севера: Тез. докл. VI симпоз. Якутск, 1974. Вып. 4.
  18. Киселев И.А. Фитопланктон некоторых горных водоемов Байкальского хребта // Тр. Байкал. лимнол. ст. Т. 17. 1937.
  19. Киселёв И.А. Методы исследования планктона // Жизнь пресных вод. М.; Л., 1956. Т. 4, ч. 1.
  20. Кожова О.М., Загоренко Г.Ф. Зимний фитопланктон озера Хубсугул // Содном Н., Лосев Н.П. (ред.) Природные условия и ресурсы Прихубсугулья. Иркутск; Улан-Батор, 1976.
  21. Комаренко Л.Е., Васильева И.И. Пресноводные диатомовые и синезеленые водоросли водоемов Якутии. М.: Наука, 1975.
  22. Макарова И.В., Пичкилы Л.О. К некоторым вопросам методики вычисления биомассы фитопланктона // Бот. журн. 1970. Т. 55, № 10.
  23. Митрофанова Е.Ю. Фитопланктон Телецкого озера: Автореф. дис... канд. биол. наук. Барнаул, 1999.
  24. Никулина В.Н. Фитопланктон // Биологическая продуктивность северных озер. Ч. 2. Озера Зеленецкое и Акулькино. Л., 1977.
  25. Оглы З.П. Видовое разнообразие и структура фитопланктона горных озер Большое и Малое Леприндо (Северное Забайкалье) // Видовая структура гидробиоценозов озер и рек горных территорий. Новосибирск: Изд-во РАН, 1998.
  26. Петрова Н.А. Фитопланктон Ладожского озера // Раствительные ресурсы Ладожского озера. Л., 1968.
  27. Петрова Н.А. Фитопланктон Онежского озера // Раствительный мир Онежского озера. Л., 1971.
  28. Поповская Г.И. Фитопланктон Байкала и его многолетние изменения (1958-1990 гг.): Автореф. дис. ... д-ра. биол. наук. Новосибирск, 1991.
  29. Предбайкалье и Забайкалье. М., 1965.
  30. Ремигайло П.А., Габышев В.А. Таксономическая структура и видовое разнообразие фитопланктона верховьев реки Алдан (Якутия) // Сиб. экол. журн. 2001. № 4.
  31. Русанов В.В. Современное состояние гидробиоценоза озера Орон // Тезисы докладов VIII съезда ГБО РАН. Т. 1. Калининград, 2001.
  32. Скабичевский А.П. О фитопланктоне и кремнеземках озера Фролиха (Забайкалье) //

- Тр. Иркут. гос. ун-та имени. Т. VII, вып. 1-2. Иркутск: Кн. изд-во, 1953.
33. Скабичевский А.П. Планктонные диатомовые водоросли пресных вод СССР. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1960.
34. Толчин С.В., Зиновьев Е.А. Экологическая оценка оз. Орон (Витимский заповедник) // Тез. докл. Всерос. конф. Томск, 2001.
35. Томилов А.А. Материалы по гидробиологии некоторых глубоководных озер Олекмо-Витимской горной страны // Тр. Иркут. гос. ун-та. Т. XI. Серия биологическая. Л.: Изд-во Ленинград. ун-та, 1954.
36. Трифонова И.С. Состав и продуктивность фитопланктона разнотипных озер Карельского перешейка. Л.: Наука, 1979.
37. Трифонова И.С. Экология и сукцессия озерного фитопланктона. Л.: Наука, 1990.
38. Шульга Е.Л. О зоопланктоне озера Орон // Тр. Иркут. гос. ун-та. Т. VII, вып. 1-2. Иркутск: Кн. изд-во, 1953.
39. Abella S.E. The effect of the Mt. Mazama ashfall on the planktonic diatom community of Lake Washington // Limnol. Oceanogr. 1988. V. 33, № 6 (I).
40. Alexander V., Stanley D.W., Daley R.I., McRoy C.P. Primary producers // Limnology of tundra ponds. Barrow, Alaska. US: IBP Synthesis ser. Dowden; Stroudsburg, 1980.
41. Bondarenko N.A., Sheveleva N.G., Domysheva V.M. Structure of plankton communities in Ilchir, an alpine lake in eastern Siberia // Limnology. 2002. № 3.
42. Catalan J., Ventura M. Seasonal ecosystem variability in remote mountain lakes: implications for detecting climatic signals in sediment records// J. of Paleolimnology. 2002. № 28.
43. Cleve-Euler A. Die Diatomeen als quartärgeologische Indikatoren // Geol. foren Stockholm forhandl. 1944. V. 66, № 3.
44. Felip M., Sattler B., Psenner R., Catalan J. Highly active microbial communities in the ice and snow cover of high mountain lakes // Applied and environmental microbiology. 1995. V. 61, № 6.
45. Florin M.-B. Insjostudier i Mellansverige // Acta phytogeogr. suec. 1957. № 38.
46. Flower R. J., Ozornina S.P., Kuzmina A.E., Round F.E. Pliocaenicus taxa in modern and fossil material mainly from Eastern Russia // Diatom Res. 1998. V. 13 (1).
47. Goldman C., Horne A. Limnology. McGraw-Hill Inc., New York, St. Louis, San Francisco, 1983.
48. Hindak F., Zagorenko G.F. Contribution to the knowledge of the species composition of summer phytoplankton of Lake Hubsugul, Mongolia // Folia Geobot. Phytotax. Praga. № 27.
49. Keefer V.M., Pennak R.W. Plankton and seston of a Colorado (U.S.A.) alpine lake: the winter anomaly and the inlet-outlet budget. Intern. Revue ges. Hydrobiol. 1977. V. 62.
50. Kozhova O.M., L.R. Izmost'eva, Erbaeva E.A. A review of the hydrobiology of Lake Khubsugul (Mongolia) // J. Hydrobiologia. 1994. V. 291.
51. Lund J.W.G. Phytoplankton from some lakes in northern Saskatchewan and from Great Slave Lake // Can. J. Bot. 1962. V. 40.
52. Marchetto A. The study of high mountain lakes in the activity of the Istituto Italiano di Idrobiologia // J. of Limnology. 1998. V. 57.
53. Moore J.W. Influence of temperature, photoperiod and trophic conditions on the seasonal cycles of phytoplankton and zooplankton in two deep subarctic lakes of Northern Canada // Intern. Revue ges. Hydrobiol. 1981. V. 66, № 5.
54. Munawar M., Munawar I.F. The seasonality of phytoplankton in the North American Great Lakes, a comparative synthesis // Hydrobiologia. 1986. V. 138.
55. Pinel-Alloul B., Methot G., Verrault G., Vigneault Y. Phytoplankton in Quebec lakes: variation with lake morphometry, and with natural and anthropogenic acidification // Can. J. Fish. Aquat. Sci. 1990. V. 47.
56. Rodhe W., Hobbie J., Wright R. Phototrophy and heterotrophy in high mountain lakes // Verh. Intern. Verein Limnol. 1966. № 16.
57. Spaulding S.A., Ward J.V., Baron J. Winter phytoplankton dynamics in a subalpine lake, Colorado, U.S.A. // Arch. Hydrobiol. 1993. V. 129, № 2.
58. Stalberg N. Lake Vattern // Acta phytogeogr. suec. 1939. V. 2.
59. Talling J.F. The annual cycle of stratification and phytoplankton growth in Lake Victoria (East Africa) // Int. Revue ges. Hydrobiol. 1966. V. 51.
60. Tolotti M. Phytoplankton and littoral epilithic diatoms in high mountain lakes of the Adamello-Brenta Regional Park (Trentino, Italy) and their

- relation to trophic status and acidification risk // J. Limnol. 2001. V. 60, № 2.
61. Trifonova I. Genkal S. Species of the genus *Aulacoseira* Thwaites in lakes and rivers of north-western Russia-Distribution and ecology // 16<sup>th</sup> Intern. Diatom Symp. Athens & Aegean Islands Proceedings 2001 (A.Economou-Amili, ed.) Univ. of Athens Greece. 2001.

## PHYTOPLANKTON IN MOUNTAIN LAKES OF EASTERN SIBERIA

© 2006 N.A. Bondarenko

Limnological Institute of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Irkutsk

The paper presents a study of species composition, structure features, and phytoplankton number and biomass in mountain lakes of Pribaikalie (the area westward from Lake Baikal), Zabaikalie (the area correspondingly eastward from Lake Baikal), and the southern part of Yakutia. About 70 large and small lakes, located in the Khamar-Daban, eastern Sayan, Kodar, Udogan, Kalarsky, and Baikalian ridges at altitudes of 330 to 1900 m and sometimes higher, have been researched. The largest of them is the lake Oron-Vitimsky. Their plankton algoflora is presented by 196 taxa lower than genus from 7 phyla. Two genera, *Dinobryon* of 15 taxa and *Aulacoseira* of 13 ones, are the most diverse. The baikalian endemic diatoms *A. baicalensis* (K. Meyer) Sim., *Cyclotella baicalensis*, *C. minuta*, *Stephanodiscus meyeri*, and spore-forming *A. islandica* (this form of the alga is known to dwell in the lake Khanka and the river Amur, Far East, only), as well as dinoflagellate *Gymnodinium baicalense* var. *minor*, have been found there. In most lakes, the relict alga *Pliocaenicus costatus*, wide-spread in ancient times from Europe to the Kamchatka peninsula, has been observed also. All the lakes are oligotrophic almost round the year exhibiting phytoplankton biomass of 30 to 200 mg·m<sup>-3</sup>. At their maximal seasonal development, these values in the open part of the lakes reached 300 mg·m<sup>-3</sup>, sometimes higher, and 800 mg·m<sup>-3</sup> in shallows. Their seasonal dynamics displays three biomass maxima: winter, spring, and autumn.