

ВЛИЯНИЕ СВЕРХМАЛЫХ ДОЗ КОМПЛЕКСОНОВ ЭДТА С ПЕРЕХОДНЫМИ МЕТАЛЛАМИ НА УРОЖАЙНОСТЬ, КАЧЕСТВО И ХРАНЕНИЕ КАРТОФЕЛЯ

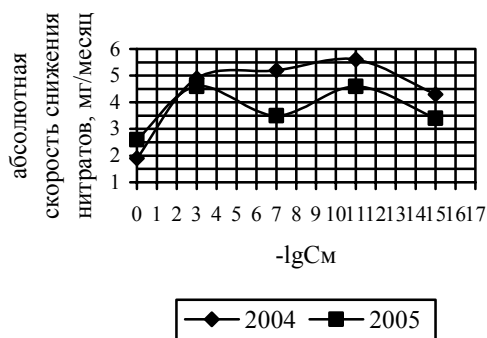


Рисунок 3 - Зависимость абсолютной скорости снижения нитратов в картофеле во время хранения (в месяц) от массовой доли комплексонатов в растворе

Как видно из данных, представленных на рисунке 3, наибольшая скорость снижения нитратов в картофеле во время хранения наблюдается при массовой доле комплексонатов 10^{-11} м (по обоим годам).

ВЫВОДЫ

На основании проведенных двухлетних полевых испытаний и лабораторных исследований были сделаны следующие выводы.

1. Использование комплексонатов переходных металлов в СМД (10^{-15} м) при выращивании картофеля увеличивают его урожайность на 63 - 72% по сравнению с контролем.

2. Изученные препараты увеличивают качество картофеля, о чем говорит повышение содержания крахмала, аскорбиновой кислоты и сухих веществ в выращенной продукции;

3. Использование комплексонатов в СМД увеличивает скорость обменных процессов при хранении картофеля. Это выражается в

более быстрой потере сухих веществ, крахмала и аскорбиновой кислоты по сравнению с вариантами использования растворов с низкими массовыми долями комплексонатов. Наибольшая скорость потери крахмала наблюдалась при использовании растворов с массовыми долями $10^{-11} - 10^{-15}$ м, аскорбиновой кислоты $10^{-7} - 10^{-11}$ м. Вероятно, это явление можно объяснить, предположив, что анион этилендиаминтетрауксусной кислоты может принимать участие в цикле Кребса, что объясняет его высокую биологическую активность в сверхмалых дозах. Доказательством этого может служить тот факт, что концентрация фитогормонов в растениях также находится в диапазоне от $10^{-7} - 10^{-11}$ м [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Битюцкий, Н.П. Микроэлементы и растение / Н.П. Битюцкий // СПбГУ. – 1999. – С. 229
2. Островская, Л.К. Комплексонаты металлов – современные микроэлементные удобрения /Л.К. Островская // Микроэлементы в биологии и их применение в медицине и сельском хозяйстве. Тезисы докладов 10 Всесоюзной научной конференции. – 1988. Т.3. – С.21 - 23
3. Коршунов, А.В. Комплексонаты металлов повышают урожай картофеля /А.В. Коршунов, А.Х. Абазов, Л.С. Федотова // Картофель и овощи. – 1995. № 2. – С.9
4. Коршунов, А.В. Применение комплексонатов металлов и продуктивность картофеля [Влияние на поражаемость растений некоторыми болезнями] /А.В. Коршунов, А.Х. Абазов, Л.С. Федотова, Т.В. Самойлова, Н.А. Коршунова// Вопросы картофелеводства. – Москва, 1997(1998) – С. 122-129.
5. Горбатенко, И.Ю. Сверхмалые дозы биологически активных веществ и перспективы их использования /И.Ю. Горбатенко // Изв. РАН, Серия Биологическая. – 1997. №1. – С.107-108.

ПОДЛЕДНЫЙ ФИТОПЛАНКТОН ГЛУБОКОГО ОЛИГОТРОФНОГО ОЗЕРА

Е.Ю. Митрофанова, В.В. Кириллов, А.В. Котовщиков

Приведены результаты исследования подледного фитопланктона Телецкого озера в марте 2006 г. – состав, численность и биомасса, содержание фотосинтетических пигментов. Выявлено, что состав и количество фитопланктона подо льдом сравнимы с таковыми в другие сезоны года. Это позволяет предположить, что температура и свет не являются лимитирующими факторами в развитии планктонного сообщества подо льдом.

Вегетация водорослей в водоемах происходит на протяжении всего года. Некоторые

ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 2 2006

рые виды, которые могут приспособиться к низким температурам и к пониженному уров-

ню освещения, успешно развиваются в зимний период подо льдом водоемов и способствуют процессам самоочищения в них. Механизмы адаптации к таким условиям еще мало изучены. Однако отмечено, что для предотвращения замедления энзимных реакций и транспорта веществ клетки начинают вырабатывать специальные белки, "cold shock proteins", которые могут быть вовлечены в регуляцию синтеза протеинов. Например, такой механизм выявлен для *Aulacoseira baicalensis* (K.Meyer) Sim., которая в Байкале не способна развиваться при температуре выше 8 °С, температурный оптимум - 2-3 °С [1].

Особенности термического и гидрологического режимов Телецкого озера, глубокого олиготрофного водоема на юге Западной Сибири, обусловлены его большой глубиной (323 м), господством почти постоянных горных ветров в горной долине, повышенным внешним водообменом (5,7 лет) и непостоянным или поздним ледоставом [2], который приходится на период зимнего минимума температуры воды с января по апрель [3, 4]. В озере отсутствует ежегодное образование сплошного ледового покрова (более чем в 70% случаев за 65 лет наблюдений с 1913 по 1978). При этом широтная часть озера замерзает ежегодно, меридиональная – периодически раз в 9-10 лет [5].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

С 8 по 10 марта 2006 г. на Телецком озере были отобраны пробы воды для исследования фитопланктона и фотосинтетических пигментов в трех точках широтной части озера с горизонтов: исток р. Бии – 0 м (3 м от северного берега); Артыбаш – 0, 5, и 10 м (200 м от северного берега); Яйлю – 0, 5, 10, 30, 50, 100 и 200 м (1400 м от северного берега) стандартными гидробиологическими методами [6]. На озере в это время установился почти полный ледостав (рис. 1).

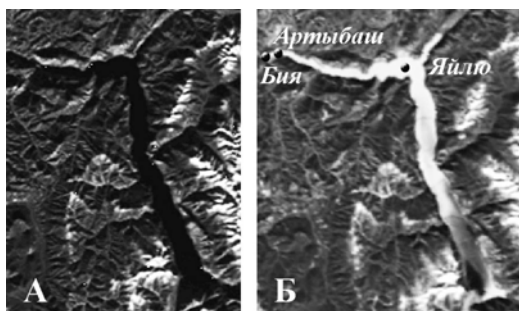


Рисунок 1 – Фрагменты космических снимков TERRA MODIS (0,840-0,876 мкм) Телецкого озера в зимний период 2005-2006 гг.: 23.12.2005 (А) и 11.03.2006 (Б, с точками отбора проб)

Толщина льда у п. Артыбаш составила 60 см, Яйлю – 39 см, толщина снегового покрова – около 30 см. Температура воды в поверхностном горизонте была близка к 0 °С, наблюдали обратную стратификацию (рис. 2).

РЕЗУЛЬТАТЫ

В результате исследований в подледном фитопланктоне Телецкого озера выявлено 49 видов (54 вида, разновидности и формы) из 8 отделов при значительном разнообразии диатомовых (66%) и криптофитовых (12%) водорослей. При сравнении состава фитопланктона в Яйлю, Артыбаше и Бие отмечено, что эти отделы водорослей на этих участках занимают ведущее положение – 59-68 и 14-25% соответственно. Кроме того, расчет мер включения [7] показал, что состав фитопланктона в этих трех точках включен друг в друга на 55-65%. При этом выделяется пелагиаль Яйлю, в состав фитопланктона которой на 60-65% включены виды водорослей планктона Артыбаша и Бии.

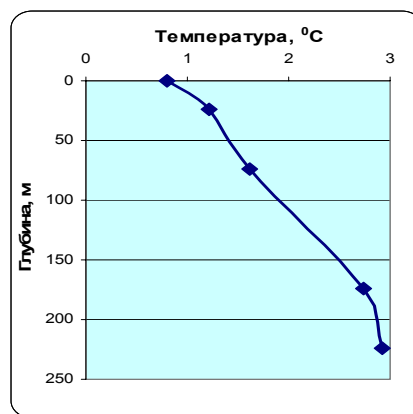


Рисунок 2 – Температурный профиль в пелагиали Яйлю Телецкого озера 01.03.2006 г. (данные Госкомгидромета, ст.Яйлю)

Число одновременно вегетирующих видов составило от 9 до 23 на разных точках и глубинах. Наименьшее число видов зафиксировано в пелагиали Яйлю у поверхности и на глубине 200 м (рис. 3), наибольшее – у Артыбаша на 10 м. В пелагиали Яйлю количество видов практически было одинаковым по столбу воды – 9-15 видов с максимальным сосредоточением на глубинах 5 и 10 м – 15 и 13 видов соответственно.

Фон планктона определяла мелкоклеточная центрическая диатомея *Cyclotella delicatula* Genkal (рис. 4А). Она встречалась во всех точках и на всех горизонтах. Периодически ей сопутствовал *Stephanodiscus minutulus*

ПОДЛЕДНЫЙ ФИТОПЛАНКТОН ГЛУБОКОГО ОЛИГОТРОФНОГО ОЗЕРА

(Kütz.) Cl. et Möller. С увеличением глубины в фитопланктоне отмечены крупноклеточные центрические водоросли - *Stephanodiscus alpinus* Hust. и *Cyclotella bodanica* Grun. На 30 м и ниже в пробах планктона присутствовала толстостенная колониальная диатомея *Aulacoseira alpigena* (Grun.) Krammer. Пеннатные диатомовые водоросли также зарегистрированы в фитопланктоне пелагиали на более глубоких горизонтах. Из криптофитовых наиболее часто встречались *Chroomonas acuta* Uterm. (рис. 4Б) и виды рода *Cryptomonas*.

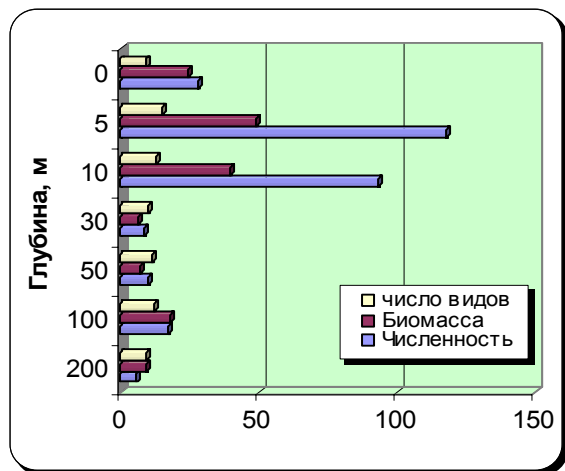


Рисунок 3 – Вертикальное распределение численности (тыс. кл./м³), биомассы (мг/м³) и числа видов фитопланктона в пелагиали Яйлю Телецкого озера 10.03.2006

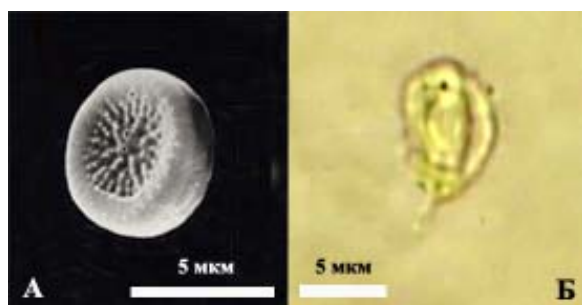


Рисунок 4 – *Cyclotella delicatula* Genkal (А) и *Chroomonas acuta* Uterm. (Б)

На горизонте 50 м отмечен бесцветный жгутиконосец *Cyatomonas truncata* (Fres.) From. Интересна находка только в верхних 10 м редкого представителя золотистых водорослей с очень нежной структурой домика *Stylochysallis libera* (Fott) Starm., ранее для Телецкого озера не отмеченного. Кроме того, в фитопланктоне озера развивался крупный холодолюбивый вид *Mallomonas tonsurata* var.

alpine (Pasch. et Ruttn.) Krieg. Он был отмечен в пелагиали Яйлю на глубине 5 м и в истоке Бии. Из зеленых водорослей значимым был *Platymonas incisa* Nyg., встречающийся и в другие сезоны года, как в пелагиали, так и литорали озера.

Численность и биомасса фитопланктона в пелагиали Яйлю варьировала в пределах 5,7-117,7 тыс. кл./л и 6,1-62,9 мг/м³ (см. рис. 3), содержание хлорофилла «а» - 0,12-1,67 мг/м³ (рис. 4А). Минимальные и максимальные значения численности приурочены к пелагиали Яйлю (глубины 200 и 5 м), биомассы - пелагиали Яйлю (30 м) и Бие (0 м) соответственно. Следует отметить, что доля диатомовых водорослей в пелагиали озера в общей численности фитопланктона увеличивалась с глубиной – от 30,6 до 85,4%, криптофитовых, напротив, уменьшалась – от 50,2 до 10,4%. По численности из диатомовых были наиболее значимы *C. delicatula* (23,6-47,9%), из криптофитовых *Ch. acuta* (10,4-37,7%). Ввиду малых размеров этих водорослей, их доля в биомассе фитопланктона была незначительна (1,5-6,0% и 1,1-13,0%, соответственно). Наибольшая доля в общей биомассе фитопланктона принадлежала неопределенному до вида представителю динофитовых водорослей (возможно, спора) (11,8-68,6%), крупноклеточным *A. alpigena* (16,1-31,9%) и *C. bodanica* (62,4%) из диатомовых. В столбе воды в пелагиали Яйлю биомасса фитопланктона, как и его численность, были сосредоточены в фотическом слое – 5-10 м. Причем, максимум биомассы был приурочен к глубине 10 м, а максимум фотосинтетических пигментов - 5 м (см. рис. 5А).

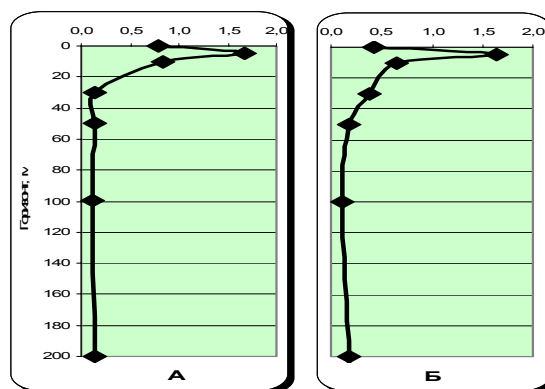


Рисунок 5 – Распределение хлорофилла «а» (мг/м³) в пелагиали Яйлю Телецкого озера 10 марта 2006 г. (А) и 29 августа 2005 г. (Б)

Подобная картина распределения количественных характеристик фитопланктона

была обнаружена и на трех горизонтах у Артыбаша: наибольшие численность - 46,3 тыс.кл./л и биомасса - 40,8 мг/м³ на глубине 10 м, содержание хлорофилла «а» - 1,13 мг/м³ на глубине 5 м, каротиноидов – 2,06 mSPU/m³ у поверхности. В истоке Бии количественные показатели были выше таковых в Артыбаше, но ниже, чем в пелагиали Яйлю: 56,8 тыс.кл./л, 62,9 мг/м³, 0,94 мг/м³ и 0,97 mSPU/m³ соответственно. Отношение величины хлорофилла «а» к биомассе фитопланктона составило 0,01-0,03.

Индекс видового разнообразия Шеннона изменялся в пределах 1,61-2,16 (по численности) и 1,24-2,43 (по биомассе). Значения индекса сапробности варьировали в пределах: пелагиаль Яйлю – 1,35-1,85, у Артыбаша – 1,40-1,57, в Бие – 1,32.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Исследования зимнего фитопланктона в водоемах сопряжено с техническими трудностями, поэтому любые дополнительные сведения о подледном фитопланктоне позволяют оценить роль водорослей в функционировании и поддержании устойчивости экосистемы в экстремальных по свету и температуре условиях. В марте 2006 г. подо льдом широтной части Телецкого озера при значительном слое льда и снега (39 и 30 см в районе Яйлю соответственно) развивался диатомово-криптофитовый фитопланктон - преобладали *C. delicatula* и *Ch. acuta*. Такая структура фитопланктона Телецкого озера различна в разные годы. Периодически подо льдом наблюдали развитие и других водорослей. Так, в январе-мае 1997 г., в пелагиали Яйлю при толщине льда 10-12 см в фитопланктоне преобладали цианобактерии, в основном *Anabaena flos-aquae* (Lyngb.) Bréb., *A. circinalis* (Kütz.) Hansg., а также *Microcystis pulverea* (H.Wood) Forti emend. Elenk. и *Aphanothece clathrata* W. et G.S. West. [8, 9]. Интенсивный и продолжительный период перемешивания водной толщи, короткий период стагнации, проточность водоема чаще всего не позволяют цианобактериям достигать высокого обилия в озере в летний период, в то время как подо льдом при отсутствии турбулентности, они могут значительно увеличивать свою численность. Этому способствовал и достаточно тонкий слой льда и снега в 1997 г. Напротив, в марте 2006 г. под более мощным слоем льда и снега развивались в основном флагелляты (жгутиконосцы) и мелкие диатомовые водоросли.

Отмечают, что в зимний период во многих озерах, расположенных в разных клима-

тических зонах Европы, Азии и Северной Америки, в фитопланктоне развиваются именно флагелляты [10]. Считается, что в зимнем планктоне преимущественное развитие получают эукариотические водоросли, в летнем – прокариоты [11]. При этом криптозооиды с биохимической точки зрения представляют собой более примитивную группу флагеллят. Холодноводные глубокие озера с длинным периодом перемешивания и коротким интервалом стратификации более других способствуют росту и развитию флагеллят, в основном золотистых и криптофитовых, в частности, оз. Верхнее (США-Канада) [12]. Причем подо льдом биомасса водорослей может значительно увеличиваться, вызывая «цветение» воды [13].

Преобладание флагеллят в зимний период характерно не только для крупных и глубоких озер, но и мелководных с более высоким уровнем трофии [14-16]. Ведь зимой в фитопланктоне таких озер отсутствуют те водоросли, которые обуславливают высокий трофический статус водоема летом. Интересно, что криптофитовые присутствуют практически во всех исследованных озерах.

В морях также зарегистрировано явление подледного цветения микроводорослей у зон смешения водных масс под сплошным ледовым покрытием с преобладанием флагеллят [17]. Следует отметить, что для озер, которым не свойственно образование ледового покрова, тоже характерно развитие флагеллят в зимний период [18].

Находясь в одной климатической зоне, имея множество сходных черт в строении и режиме с Байкалом, Телецкое озеро существенно отличается от него по вегетации зимнего фитопланктона. В Байкале «цветение» водорослей подо льдом обусловлено развитием диатомовых и динофитовых водорослей [19, 1], причем этот весенний, максимум диатомей может быть единственным в году [20]. Это характерно и для других глубоких озер мира, например, Большого Невольничьего озера (Канада) и ледниковых озер Вайтики (Новая Зеландия) [21], но такого обильного развития диатомей, как в Байкале, там не выявлено. В Байкале только в некоторые годы наряду с *Aulacoseira* и *Gymnodinium* обильны *Synedra*, *Dinobryon*, *Mallomonas* и *Chrysohaerella* [22]. Мощному развитию водорослей подо льдом способствует и толстый байкальский лед, служащий субстратом для развития водорослей [23].

Развитие фитопланктона в зимний подледный период в озерах умеренной зоны

ПОДЛЕДНЫЙ ФИТОПЛАНКТОН ГЛУБОКОГО ОЛИГОТРОФНОГО ОЗЕРА

сходно с таковым в полярных и арктических озерах. Часто в планктоне преобладают золотистые флагелляты при низком обилии других групп [24]. Для антарктических озер, полностью и постоянно покрытых ледяным панцирем (до 4 м и более [25]) также характерно развитие в фитопланктоне флагеллят, особенно криптофитовых водорослей. Например, в озерах Фрикселл и Хоаре *Chroomonas lacustris* составляет до 90% численности или более 87% биомассы фототрофного сообщества [26]. Для антарктических озер характерны периоды полной темноты (полярная ночь) и постоянной инсоляции (полярный день), в остальные периоды года эти озера сходны с озерами умеренной зоны в период зимнего ледостава, так как температура в близком ко льду слое близка к 0 °С и повышается с глубиной. В период полярной ночи лимитирующим фактором является свет, в остальные периоды года наличие биогенов определяет развитие и распределение водорослей по вертикали [27].

По разнообразию зимний фитопланктон Телецкого озера, естественно, беднее летнего. В широтной части озера выявлено 54 вида, разновидностей и формы водорослей. Индекс видового разнообразия Шеннона по численности, не превышал 2,16, по биомассе - 2,43 и находился в середине диапазона, отмеченного для рассматриваемого водоема по многолетним данным - 0,35-3,01 и 0,23-3,20 соответственно [28]. Это может свидетельствовать о сформированном планктонном сообществе даже в условиях особенно низких температуры воды и освещенности. В целом, невысокое разнообразие зимнего фитопланктона характерно и для других крупных и глубоких озер умеренной зоны. Так, например, зимой в южной части Ладожского озера выявлено 13-45 видов и разновидностей водорослей [29]. В подледном фитопланктоне Байкала развивается всего 8-10 видов, в основном эндемичных для этого озера, которые достигают значительно обилия [20].

Количественные показатели фитопланктона Телецкого озера в подледный период 2006 г. (численность - до 117,7 тыс.кл./л, биомасса - до 62,9 мг/м³) не выходили за пределы многолетних значений обилия фитопланктона за последние 17 лет. И при развитии цианобактерий подо льдом в феврале-марте 1997 г. были отмечены сходные количественные показатели - 124,6 тыс.кл./л 105,6 мг/м³ [9], т.е. смена видов в фитопланктоне не приводит к существенному изменению обилия фитопланктона в целом. Это подтверждает срав-

нение данных по обилию фитопланктона и содержанию хлорофилла «а» за 2006 г. с данными по Яйлю за август 2005 г. (рис. 5Б) и многолетними наблюдениями в истоке р. Бия [30].

Составляющие основу подледного фитопланктона в 2006 г. мелкоклеточная диатомея *C. delicatula* и криптофит *Ch. acuta* являются преобладающими формами планктона в Телецком озере и в другие сезоны года. Хотя во многих больших озерах в период ледостава характерными представителями зимнего фитопланктона, доминирующими и по численности и по биомассе, являются диатомовые рода *Aulacoseira*. Так, в южной Ладогге это - *A. islandica* (O.Müll.) Sim. и *A. islandica ssp. helvetica* O.Müll., *A. italica* (Kütz.) Sim., а биомасса фитопланктона на глубоководных станциях может достигать 372,8 мг/м³ [29]. В оз. Тингвалаватн (Исландия) *A. islandica* и *A. italica* также преобладают в фитопланктоне в течение всего года, в том числе и в подледный период [31]. В Байкале в высокоурожайные годы биомасса создается эндемиками этого озера, достигая весной в трофогенном слое воды 5-7 г/м³ (диатомовые) или 100 г/м³ и более (перидинеи). Весной в урожайные годы общая биомасса фитопланктона может достигать в целом 1000 тыс. т в сырой массе [32]. Напротив, в Телецком озере численность представителей рода *Aulacoseira* невелика и их роль в фитопланктоне незначительна. В пелагиали *A. alpigena* встречалась глубже 30 м и формировала 16,1-31,9% биомассы.

Как и в период летней температурной стратификации, зимой при обратной стратификации, водоросли в Телецком озере в основном приурочены к верхним 5-10 м. Слой воды, непосредственно прилегающий ко льду, вероятно, ввиду особенно низких температур (0,8 °С) не предпочтителен для развития водорослей. В тоже время отмечено, что водоросли выбирают менее освещенные, но более нагретые слои воды, так как при температуре, близкой к 0 °С, реакции с участием энзимов внутри клеток водорослей замедляются [33]. С другой стороны, отмечают случаи, когда максимум биомассы водорослей приурочен к слою с наибольшим количеством биогенов, т.е. важную роль играет хемоклин. Например, в озерах Фрикселл и Бонней он расположен на глубине 9-10 м, а в оз. Ванда - ниже 50 м [34].

Если флагелляты способны самостоятельно регулировать свое нахождение в столбе воды, то для неподвижных форм фи-

топланктона этому способствует конвективное перемешивание. Так, например, *Aulacoseira baicalensis* в Байкале, благодаря этому явлению может удерживаться в верхних слоях от нескольких дней до более месяца [35]. В южной Ладоге водоросли планктона подо льдом также приурочены к приповерхностному слою [29]. Скопления водорослей отмечены и на больших глубинах. В антарктических озерах зачастую максимум обилия фитопланктона фиксируется в более глубоких горизонтах – например, ниже 25 м в оз. Бивер [25]. Но в период полной темноты криптофитовые водоросли и другие флагаеллы ввиду их активной способности к движению мигрируют в верхние ко льду слои [36].

Значения индекса сапробности по методу Пантле и Букка (в модификации Сладечка), свидетельствующего о содержании нетоксичных легкоокисляемых органических веществ в воде, не превышали 1,85. По многолетним данным (1989-1997 гг.) индекс сапробности воды Телецкого озера изменялся в пределах 0,20-2,33 (средняя многолетняя за период май-ноябрь - 1,57) и соответствовал изменениям от ксеносапробной до β -мезосапробной зонам [26]. В феврале-марте 1997 г. изменения индекса сапробности находились в тех же пределах - 0,80-1,98. В зимний период развитие в планктоне холодолюбивых видов водорослей, в большинстве своем индикаторов чистых вод, свидетельствует о низком содержании органических веществ в воде озера. По величинам индекса сапробности, вода Телецкого озера относится к классам очень чистые (менее 1,00), чистые (1,00-1,50) и лишь в отдельных случаях умеренно загрязненные воды (1,51-2,50) [37].

Таким образом, свет не является лимитирующим фактором для пелагического сообщества водорослей в глубоких холодноводных водоемах. Развитие фитопланктона в них более определяют низкие концентрации биогенных элементов [24, 30]. Такая закономерность характерна и для Телецкого озера, что было подтверждено проведенными исследованиями в начале марта 2006 г. при устойчивом и относительно полном ледоставе. Авто- и гетеротрофный диатомово-криптофитовый фитопланктон с достаточно высоким удельным содержанием хлорофилла в клетках обладает высоким адаптивным потенциалом, позволяет сохранять экосистему озера в устойчивом состоянии и поддерживать процессы самоочищения. По составу и структуре зимнего фитопланктона Телецкое сходно не только с крупными и глу-

бокими озерами умеренной зоны, но и арктическими и антарктическими водоемами временно или постоянно находящимися подо льдом.

Авторы выражают благодарность сотрудникам ИВЭП СО РАН С.О. Власову, М.И. Ковешникову и А.В. Дьяченко за помощь в отборе проб, к.ф.-м.н. А.В. Евтюшкину и к.т.н. Н.М. Ковалевской за предоставление космических снимков. Работа выполнена при поддержке Молодежного проекта СО РАН № 121 и гранта РФФИ № 04-04-49257.

ЛИТЕРАТУРА

1. Richardson T.L., Gibson C.E., Heaney S.I. Temperature, growth and seasonal succession of phytoplankton in Lake Baikal, Siberia // *Freshwater Biology*. – 2000. – 44. – P. 431-440.
2. Selegei, V., B. Dehandschutter, J. Klerks & A. Vysotsky (2001): Physical and geological environment of Lake Teletskoye // *Annales Sciences Geologiques*. 105: 1-310. Tervuren, Belgique.
3. Лепнева С.Г. Термика, прозрачность, цвет и химизм воды Телецкого озера // *Исследование озер СССР*. – Л., 1937. – Вып. 9. – С. 3-105.
4. Лепнева С.Г. Жизнь в озерах // *Жизнь пресных вод СССР*. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1950. – Т. 3. – С. 257-552.
5. Селегей В.В., Селегей Т.С. Телецкое озеро. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 142 с.
6. Унифицированные методы исследования качества вод. – М., 1983. – Ч.3. Методы биологического анализа вод. – 500 с.
7. Андреев В.Л. Классификационные построения в экологии и систематике. – М.: Наука, 1980. – 142 с.
8. Митрофанова Е.Ю. Особенности зимнего фитопланктона Телецкого озера // *Гидробиологические и ихтиологические исследования в Восточной Сибири*. – Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1998. – С. 293-295.
9. Митрофанова Е.Ю. Особенности круглогодичной вегетации фитопланктона в Телецком озере // *Биология внутренних вод: проблемы экологии и биоразнообразия: Мат. XII междунар. конф. молодых ученых, посвященной 50-летию назначения контр-адмирала, И.Д. Папанина директором ИБВВ РАН, 23-26 сент. 2002 г.* – Борок, 2002. – С. 153-165.
10. Шкундина Ф.Б. Сезонная динамика фитопланктона в некоторых озерах мира // *Гидроб. журн.* – 1983. – Т. XIX. – № 6. – С. 3-8.
11. Callieri C., Piscia R. Photosynthetic efficiency and seasonality of autotrophic picoplankton in Lago Maggiore after its recovery // *Freshwater Biology*. – 2002. – 47. – PP. 941-956.
12. Munawar M., Munawar I. Phytoplankton Lake Superior 1973 // *J. Great Lakes Res.* – 1978. – № 4. – P. 415-442.
13. Watson S.B., Satchwill T., Dixon E., McCauley E. Under-ice and source-water odour in a

ПОДЛЕДНЫЙ ФИТОПЛАНКТОН ГЛУБОКОГО ОЛИГОТРОФНОГО ОЗЕРА

- nutrient-poor reservoir: biological, ecological and applied perspectives // *Freshwater Biology*. – 2001. – 46. – P. 1553-1567.
14. Danilov R.A., Ekelund N.G.A. Phytoplankton communities at different depths in two eutrophic and two oligotrophic temperate lakes at higher latitude during the period of ice cover // *Acta Protozool.* – 2001. – 40. – P. 197-201.
15. Graham J.M., Kent A.D., Lauster G.H., Yanarella A.C., Graham L.E., Triplett E.W. Seasonal dynamics of phytoplankton and planktonic protozoan communities in a Northern temperate humic lake: diversity in a dinoflagellate dominated system // *Microbial Ecology*. – 2004. – Vol. 48. – P. 528-540.
16. Judd K.E., Adams H.E., Bosch N.S., Kostrzewski J.M., Scott C.E., Schultz B.M., Wang D.H., Kling G.W. A case history: effects of mixing regime on nutrient dynamics and community structure in Third Sister Lake, Michigan during late winter and early spring 2003 // *Lake and Reservoir Management*. – 21, № 3. – P. 316-329.
17. Матишов Г.Г., Макаревич П.П., Ларионов В.В., Бардан С.И., Олейник А.А. Функционирование пелагических экосистем Баренцева и Карского морей в зимне-весенний период на акваториях, покрытых льдом // *Докл. АН*. – 2005. – Т. 404, № 5. – С. 707-709.
18. Salmaso N., Decet F., Cordella P. Understanding deep oligotrophic subalpine lakes for efficient management // *Hydrobiologia*. – 1999. – 395/396. – P. 253-263.
19. Меншуткин В.В., Кожова О.М., Ащепкова Л.Я. Функциональная модель экосистемы оз. Байкал // *Гидробиол. журн.* – 1978. – Т. XIV, № 3. – С. 3-10.
20. Яснитский В.Н., Скабичевский А.П. Фитопланктон Байкала // *Тр. Байкальской лимнологической станции*. – 1957. – XV. – С. 212-261.
21. Верховина В.А., Куснер Ю.С., Павлова Т.В., Потемкин В.Л. Проявление климатической изменчивости в периодичности урожайности планктона озера Байкала // *Докл. АН*. – 2000. – Т. 374, № 2. – С. 252-254.
22. Поповская Г.И. Фитопланктон // *Проблемы Байкала*. – Новосибирск: Наука, 1978. – С. 158-169.
23. Заворуев В.В., Левин Л.А., Гранин Н.Г. Распределение подледного и ледового фитопланктона озера Байкал // *Докл. РАН*. – 1995. – Т. 344, № 5. – С. 705-708.
24. Bonilla S., Villeneuve V., Vincent W.F. Benthic and planktonic algal communities in a high arctic lake: pigment structure and constricting responses to nutrient enrichment // *J. Phycol.* – 2005. – 41. – P. 1120-1130.
25. Laybourn-Parry J., Quayle W.C., Henshaw T., Ruddell A., Marchant H.J. Life on the edge: the plankton and chemistry of Beaver Lake, ultra-oligotrophic epishelf lake, Antarctica // *Freshwater Biology*. – 2001. – 46. – P. 1205-1217.
26. Roberts E.C., Laybourn-Parry J. Mixotrophic cryptophytes and their predators in the Dry Valley lakes of Antarctica // *Freshwater Biology*. – 1999. – 43. – P. 737-746.
27. Bayliss P., Ellis-Evans J.C., Laybourn-Parry J. Temporal patterns of primary production in a large ultra-oligotrophic Antarctic freshwater lake // *Polar Biol.* – 1997. – 18. – P. 363-370.
28. Митрофанова Е.Ю. Фитопланктон Телецкого озера (Горный Алтай, Россия): Автореф. дис... канд. биол. наук. – М.: МГУ, 2000. – 21 с.
29. Сухопарова Е.Ю. Сравнительная характеристика зимнего фитопланктона Волховской губы и бухты Петрокрепость Ладожского озера // *Сб. научных трудов ГОСНИИОРХа*. – 1995. – Вып. 314. – С. 135-145.
30. Кириллова Т.В. Пигментные характеристики фитопланктона Телецкого озера: Автореф. дис. канд. биол. наук. – М., 2006. – 25 с.
31. Jonasson P.M. Production and nutrient supply of phytoplankton in subarctic dimictic Thingvallavatn, Iceland // *Oikos*. – 1992. – 64, N 1-2. – P. 162-187.
32. Вотинцев К.К. Формирование качества воды озера Байкал // *Гидробиол. журн.* – 1986. – Т. 22, № 4. – С. 3-9.
33. Lizotte M.P., Priscu J.C. Photosynthesis-irradiance relationships in phytoplankton from the physically stable water column of a perennially ice-covered lake (Lake Bonney, Antarctica) // *J. Phycol.* – 1992. – 28. – P. 179-185.
34. Seaburg K.G., Kaspar M., Parker B.C. Photosynthetic quantum efficiencies of phytoplankton from perennially ice covered antarctic lakes // *J. Phycol.* – 1983. – 19. – P. 446-452.
35. Kelley D. Convection in ice-covered lakes: effects on algal suspension // *J. of Plankton Research*. – 1997. – Vol. 19. – P. 1859-1880.
36. McKnight D.M., Howes B.L., Taylor C.D., Goehring D.D. Phytoplankton dynamics in a stably stratified Antarctic lake during winter darkness // *J. Phycol.* – 2000. – 36. – P. 852-861.
37. ГОСТ 17.1.3.07-82. Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков. – М.: Изд-во стандартов, 1982. – 12 с.