

УДК 582.26+582.259(571.151)

Фитопланктон пелагиали и одного из крупных притоков Телецкого озера в период летнего нагревания

Phytoplankton of a pelagic zone and one of the large tributaries of Lake Teletskoye during the period of summer heat

Е. Ю. Митрофанова

E. Yu. Mitrofanova

Институт водных и экологических проблем СО РАН, ул. Молодежная, 1, г. Барнаул, 656038. E-mail: emit@iwep.ru

Реферат. В работе приведены результаты исследования фитопланктона поверхностного слоя пелагиали Телецкого озера и приустьевой зоны одного из его крупных притоков восточного побережья, р. Кокши, в период летнего нагревания 2013 г. Выявлено, что фитопланктон в притоке менее разнообразный по составу и не оказывает существенного влияния на состав водорослей пелагиали озера.

Summary. The results of studying phytoplankton in the surface layer of Lake Teletskoye pelagic and Kokshi River mouth zone – one of the largest tributary in the east coast, during the summer heat in 2013. It was revealed that the phytoplankton in the river is less diverse in composition and has no significant influence on the phytoplankton of the lake pelagic zone.

Введение

Большие по площади и глубокие озера отличаются наличием разнообразных биотопов, что обуславливает развитие богатого водорослевого населения. Существенные отличия можно найти в составе фитопланктона литорали и пелагиали, а также водорослей, приносимых в озеро притоками. В крупных заливах озер такие отличия бывают особенно ощутимы из-за сглаживания здесь ветро-волновой нагрузки, вследствие чего на таких участках возможно «сосредоточение жизни» (Зарубина и др., 2005). В отличие от защищенной литорали заливов открытая литораль озера более подвержена действию волн, индуцированных как естественными (ветер), так и факторами антропогенного характера (судоходство), которое особенно развито на крупных озерах (Hofmann et al., 2011). Значительное число притоков водоема и большая площадь водосборного бассейна могут оказывать влияние на состав водорослей планктона замыкающего водоема. Особенно это относится к крупным интерзональным озерам, водосборные площади которых расположены в нескольких географических зонах. В приустьевой части такие притоки, если они берут начало в горной местности и имеют большие уклоны, как правило, протекают по широким долинам, отчего происходит снижение скорости течения и заиливания некоторых участков русла. Это приводит к разнообразию местообитаний для развития водорослей и большему влиянию фитопланктона реки на состав и обилие водорослей в озере. Если приток образует дельту, то условия для развития водорослей здесь могут иметь еще более значимые отличия, как от остальных притоков водоема, так и пелагиали озера ввиду различий по температуре, прозрачности, а также обеспеченности биогенами. Примером является р. Селенга в Байкале. Этот самый крупный приток Байкала с обширной дельтой, фитопланктон которой оказывает значительное влияние на планктон прилегающих участков Селенгинского мелководья (Вотинцев и др., 1963) и, как следствие, на фитопланктон открытого Байкала. В тоже время, фитопланктон небольших по протяженности горных притоков озера, как правило, является не собственно потамопланктоном и «продуктом» реки, водоросли попадают в речной поток из водоемов водосборного бассейна или из береговых обрастаний, т.е. при разрушении сообществ фитоперифитона. Причем замыкающего водоема по бурным горным потокам могут «достичь» немногие представители водорослей. Большинство же из них, особенно клетки с мягкими оболочками, разрушаются. Большую сохранность имеют клетки с кремнистыми образованиями – панцирями, домиками и чешуйками, что характерно для диатомовых и золотистых водорослей. Вследствие крайне низкого разнообразия и обилие водорослей в горных водотоках и разрушения водорослей по пути до замыкающего водоема значительного влияния на альгоценозы последнего может и не быть.

Целью настоящего исследования стало изучение состава фитопланктона р. Кокши в приустьевой зоне в сравнении его с таковым в пелагиали Телецкого озера в период летнего нагревания 2013 г. и выявление влияния фитопланктона данного водотока на состав водорослей планктона пелагиали. Река Кокши по расходам воды относится к одному из самых крупных после главного притока Телецкого озера – р. Чулышман. Поводом для данного исследования послужило изучение состава stomatocyst золотистых водорослей в обрастаниях на камнях в устье р. Кокши в 2011 г. Тогда был выявлен очень разнообразный и оригинальный состав stomatocyst по сравнению с другими притоками озера и его пелагиалью. Золотистые (*Chrysophyta*) водоросли являются обязательным компонентом планктона и перифитона холодноводных водоемов. Наряду с вегетативными клетками в планктоне и перифитоне обязательно присутствуют их покоящиеся стадии, или stomatocysts. Они разнообразны по форме, размерам и наличию образований на поверхности (шипы, гребни и др.). Как отмечают (Heikki, 1993), большое разнообразие stomatocyst в водоемах более обусловлено различными факторами среды, которые оказывали влияние на клетку в момент цистообразования. Поэтому можно предположить, что условия в устье р. Кокши несколько отличаются от приустьевых участков других притоков Телецкого озера.

Материалы и методы

Объект наших исследований – Телецкое озеро ($51^{\circ}31'45''N$ и $87^{\circ}42'53''E$) – глубокий водоем на юге Западной Сибири. Озеро расположено в северо-восточной части Горного Алтая на высоте 434 м (рис. 1). Длина – 77,8 км, максимальная ширина – 5,2 км, максимальная глубина – 323,3 м (Selegei et al., 2001). Озеро относится к котловинным озерам тектонического происхождения. Его котловина состоит из южной меридиональной (длина около 48 км) и северной широтной (30 км) частей (Селегей, Селегей, 1978). Открытые пелагиальные участки занимают большую часть акватории озера, в то время как литораль в озере развита слабо. Ее площадь с глубинами до 10 м составляет 7,8 % площади дна озера (Яныгина и др., 2007). Водосборный бассейн озера площадью 20400 км² протянулся с юго-востока на северо-запад на 235 км. В озеро впадает около 70 рек и более 150 временных водотоков, вытекает одна р. Бия. Река Кокши, впадающая в озеро на восточной стороне примерно на середине меридиональной части, относится к наиболее крупным притокам озера. Длина ее 37 км, площадь водосбора 456 км², что составляет 2,2 % от общей площади водосборного бассейна озера (Селегей, Селегей, 1978). Отличительной особенностью данного притока является заболоченность территории его водосбора, особенно в нижнем течении, и большая приустьевая зона с валунно-песчаным островом в дельте, на котором произрастают сосны.

Пробы фитопланктона были отобраны в поверхностном слое пелагиали Телецкого озера на семи станциях (ст. 1–3, 10–13), в приустьевой части р. Кокши (ст. 4–9) и истоке р. Бии (ст. 14) во время комплексной экспедиции 24–26 июля 2013 г. (см. рис. 1). В р. Кокши пробы отбирали выше острова (ст. 4), в двух ее рукавах (ст. 5 и 6), в устье рукавов (ст. 8 и 9) и в озере у острова (ст. 7). Обработка произведена по стандартным гидробиологическим методам (Руководство по..., 1992). Эколого-географические характеристики водорослей приведены по С.С. Бариновой с соавт.

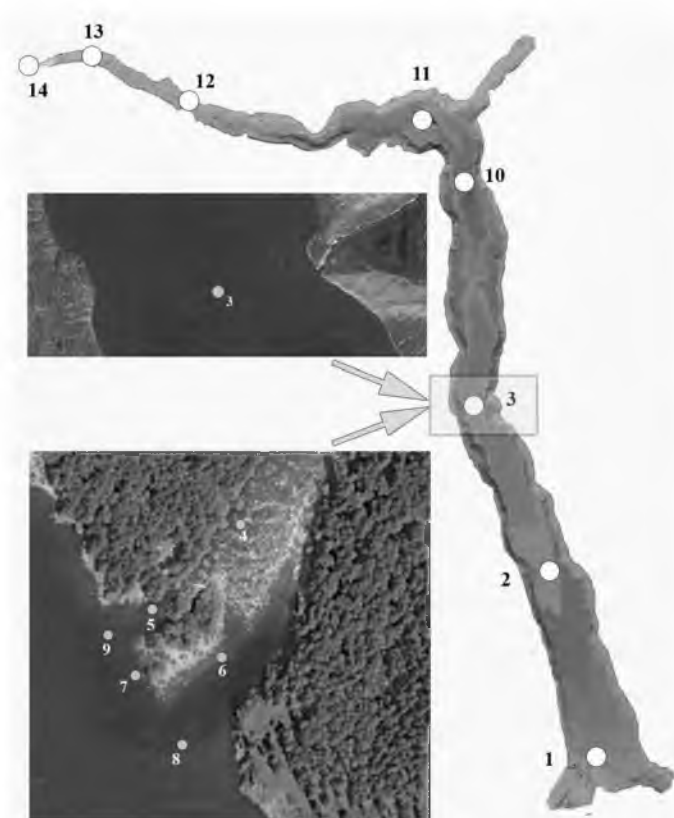


Рис. 1. Карта-схема Телецкого озера и спутниковые снимки его притока, р. Кокши с указанием точек отбора в июле 2013 г., в пелагиали: 1 – Чулышман, 2 – Челлош, 3 – Кокши, 10 – Корбу, 11 – Яйлю, 12 – Самыш, 13 – в районе Каменного залива; в притоке, р. Кокши: 4 – в реке до острова, 300 м до устья, 5 – правый рукав реки, 50 м до устья, 6 – левый рукав реки, 50 м до устья, 7 – озеро напротив острова, 8 – озеро в устье левого рукава, 9 – озеро в устье правого рукава; 14 – исток р. Бии.

сти р. Кокши (ст. 4–9) и истоке р. Бии (ст. 14) во время комплексной экспедиции 24–26 июля 2013 г. (см. рис. 1). В р. Кокши пробы отбирали выше острова (ст. 4), в двух ее рукавах (ст. 5 и 6), в устье рукавов (ст. 8 и 9) и в озере у острова (ст. 7). Обработка произведена по стандартным гидробиологическим методам (Руководство по..., 1992). Эколого-географические характеристики водорослей приведены по С.С. Бариновой с соавт.

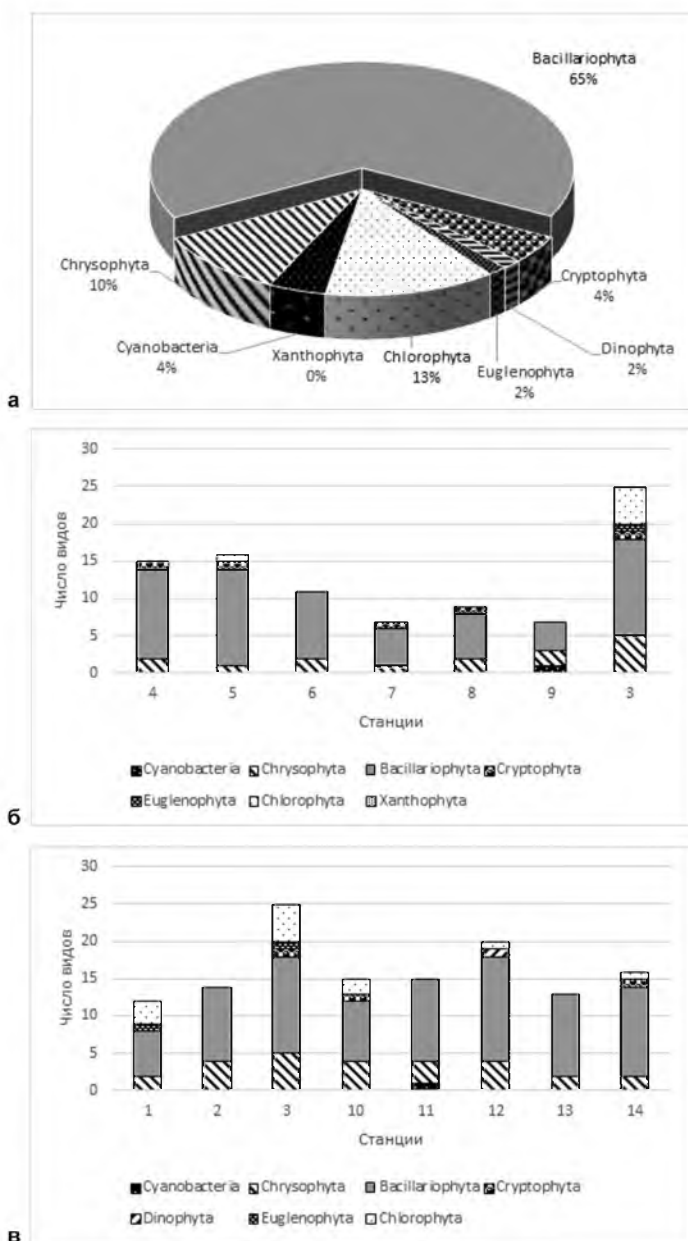


Рис. 2. Состав фитопланктона, выявленный: а) в целом для Телецкого озера и приустьевой части р. Кокши, %; б) в р. Кокши и в) пелагиали озера, число видов, 24-26 июля 2013 г.

Ранее при изучении проб планктона с помощью СЭМ и ТЭМ было установлено, что из этой группы в озере встречаются *Cyclotella delicatula* Genkal и *Stephanodiscus minutulus* (Kützing) Cleve et Möller (Генкал, Митрофанова, 1995), позднее к ним добавили еще *S. makarova* Genkal и *Stephanocostis chanthaicus* Genkal et Kuzmina, причем они отмечены в летнем фитопланктоне озера в соотношении 6,0:3,5:2,6:1,0 (Mitrofanova, 2011). Из среднеразмерной группы одноклеточных центрических диатомей в фитопланктоне озера в июле развивались *Cyclotella ocellata* Pantocsek emend. Genkal et Popovskaya (на ст. 11) и *Handmannia comta* (Ehrenberg) Kociolek et Khursevich emend. Genkal (= *C. radiosa* (Grunow) Lemmermann) (на ст. 3). Представитель крупных центрических диатомей с размерами от 25–30 до 40 мкм – *Puncticulata bodanica* (Grunow in Schneider) Näkansson (= *Cyclotella bodanica* Eulenstein) – встречалась в пелагиали напротив устья р. Кокши (ст. 3) и широтной части озера (ст. 11-13). В речном планктоне р. Кокши эти крупные и среднеразмерные одноклеточные центрические диатомей не отмечены. Из колониальных центрических диатомей планкто-бентосный вид *Melosira varians* Agardh была встречена лишь в речной пробе выше острова (ст. 4). Истинно планктонный вид *Aulacoseira subarctica* (O. Müller) Haworth emend. Genkal был приурочен к пелагиали озера, разви-

(2006). Для оценки степени сходства состава водорослей по различным станциям реки и озера определены «парные меры включения» (Андреев, 1980).

Результаты

В конце июля в фитопланктоне поверхностного слоя пелагиали озера и р. Кокши было выявлено 69 видов (75 разновидностей и форм) водорослей из восьми отделов с преобладанием диатомовых: *Cyanobacteria* – 3 вида, *Chrysophyta* – 7, *Bacillariophyta* – 45, *Cryptophyta* – 3, *Dinophyta* – 1, *Euglenophyta* – 1, *Chlorophyta* – 9 и неопределенный до вида представитель *Xanthophyta* (рис. 2а). Истинно планктонных представителей среди выявленного состава водорослей обнаружено было почти в два раза меньше, чем обитателей дна и обрастаний – 28,9 и 44,9 %, соответственно. При выделении пелагиальных проб и таковых, отобранных в устье р. Кокши по прилагаемой схеме (см. рис. 1), отмечены отличия в составе и количестве видов водорослей разных отделов. Максимальное число видов выявлено в фитопланктоне пелагиали озера напротив устья р. Кокши – 25 видов (рис. 2б, ст. 3). На остальных участках пелагиали число видов варьировало от 12 до 16. Непосредственно в р. Кокши (ст. 4–6) разнообразие фитопланктона было невысоким – 11-16 видов, и особенно низким в зоне смешения речных и озерных вод (ст. 7–9) – 7–9 видов (рис. 2в). Диатомовые водоросли преобладали по количеству видов на каждой станции. Если в пелагиали озера доля их в общем числе видов изменялась в значительных пределах и составляла 50,0–84,6 %, в реке, напротив, была довольно высокой и примерно одинаковой на всех станциях – от 80,0 до 81,8 %, то в зоне смешения озерных и речных вод диапазон ее изменения был близок к таковому в озере – 57,1–71,4 %.

Среди диатомей во всех пробах встречены мелкоклеточные центрические водоросли (диаметр 4–6 мкм), не различимые в световой микро-

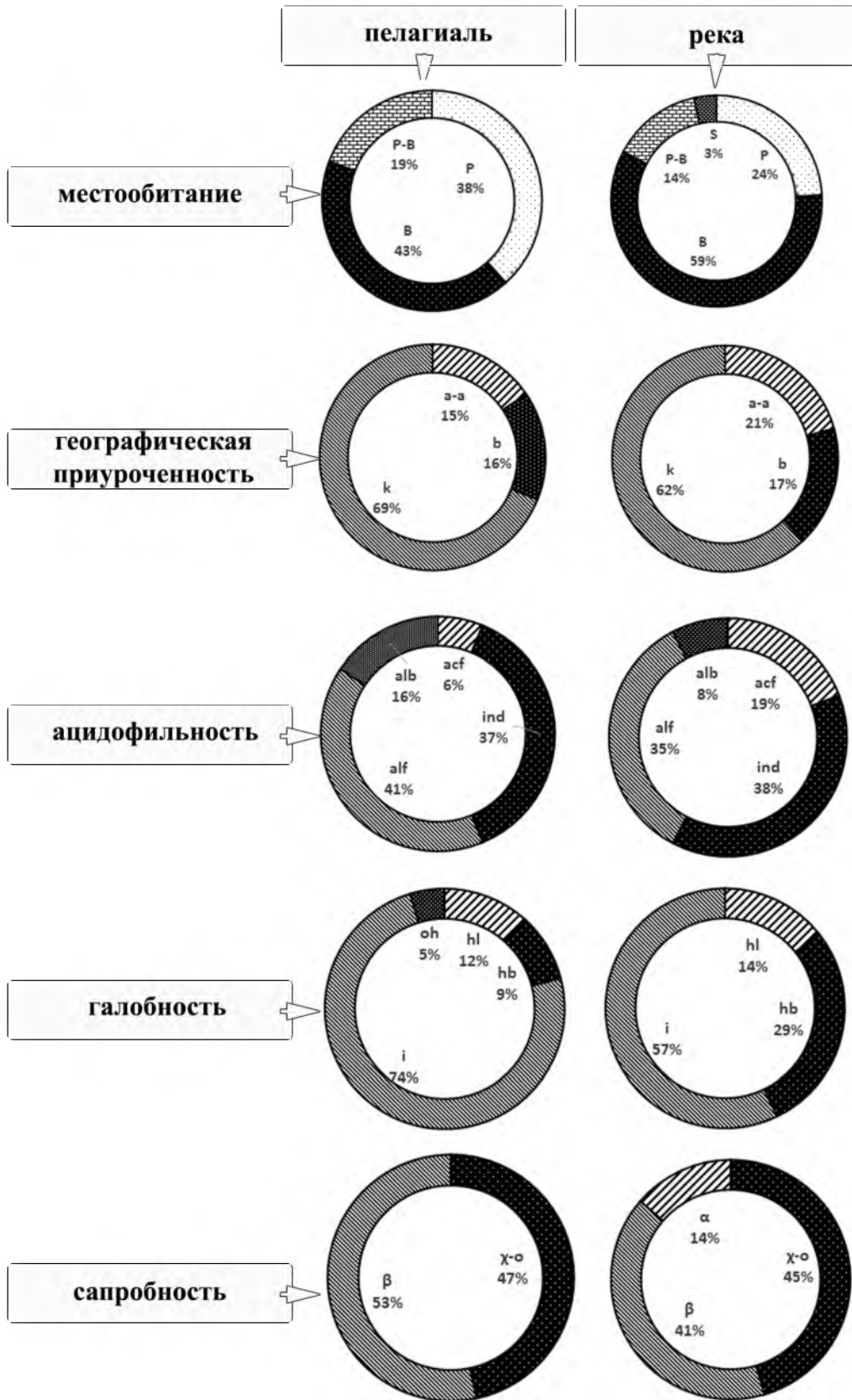


Рис. 3. Эколого-географическая характеристика водорослей планктона пелагиали и р. Кокши 24–26 июля 2013 г., доля от общего числа видов с известной характеристикой: P – планктон, B – бентос и перифитон, P-B – планкто-бентосные виды, a-a – аркто-альпийские виды, b – бореальные, k – космополиты, alb – алкалибионты, alf – алкалифилы, ind – индифференты, acf – ацидофилы, oh – олигогалобы, hl – галофилы, hb – галофилы, i – индифференты, χ -o – ксено-олигосапробы, β – бетамезосапробы, α – альфамезосапробы.

ваясь в южной меридиональной части озера (ст. 1–3) и был отмечен истоке р. Бия (ст. 14), что может свидетельствовать о ее развитии в пелагиали широтной части. Еще один планктонный вид *A. alpigena* (Grunow) Grunow встретился в зоне смешения вод р. Кокши и озера (ст. 9), а также на севере меридиональной (ст. 10) и во всей широтной части (ст. 11–13). Этот вид требует уточнения с помощью СЭМ, так как это может быть низкоцилиндрическая форма *A. subarctica*, как это было отмечено для байкальского планктона (Поповская и др., 2002). Из пеннатных диатомей наиболее часто встречался *Achnanthisidium minurissimum* (Kützing) Czarneski – почти на каждой станции, как в реке и зоне смешения озерных и речных вод (ст. 4–8), так и пелагиали северной части и истоке р. Бии (ст. 10–14). Почти с такой же встречаемостью были такие виды, как *Diatoma hiemale* var *mesodon* и *Hannaea arcus* (Ehrenberg) Patrick, причем ранее выделяемая его разновидность – *H. arcus* var *amphioxys* (Rabenhorst) Patrick – была отмечена только в двух речных пробах (ст. 4–5). Кроме того, часто встречались мелкоклеточные виды р. *Fragilaria*.

Второй значимой группой фитопланктоне по числу видов были золотистые водоросли. В пелагиали доля их участия в составе фитопланктона составляла 12,5–28,6 %, в реке – 6,3–18,2 %, в зоне смешения озерных и речных вод – 14,3–28,6 %. В каждой пробе были найдены стоматоцисты золотистых водорослей разных морфотипов и почти в каждой – сферические домики мелкоклеточного *Chrysococcus rufescens* Klebs. На некоторых пелагиальных станциях в составе фитопланктона обнаружены зеленые водоросли, которые составляли 25,5 % (ст. 1), 20,0 (ст. 3), 13,3 (ст. 10), 5,0 (ст. 12) и 6,3 % (ст. 14) от общего состава. В основном это были хлорококковые водоросли – *Monoraphidium arcuatum* (Korshikov) Hindák, *M. contortum* (Thuret) Komárková-Legnerová, *Scenedesmus acutiformis* Schröd, *Tetrastrum triangulare* (Chodat) Komárek, *Crucigenia tetrapedia* (Kirchner) Kuntze и др. Остальные отделы водорослей встречались единичными видами. Интересно, что летний доминант планктона криптофит *Chroomonas acuta* Utermöhl, в это время в поверхностном слое пелагиали встретился лишь в напротив устья р. Кокши (ст. 3) и был отмечен в истоке р. Бии (ст. 14). Имея жгутики и возможность изменять активно свое положение в пространстве, вероятно, *Ch. acuta* мог мигрировать в более глубокие слои воды, более благоприятные для него по освещенности. Также, он был отмечен в двух речных пробах (ст. 4 и 5).

Сравнение таксономического состава фитопланктона на станциях р. Кокши, зоны смешения озерных и речных вод и пелагиали напротив устья между собой показало, что состав фитопланктона в реке на верхней по течению ст. 4 имеет оригинальный характер – в его состав входят как водоросли близлежащих ниже по течению ст. 5 и 6 (на 50–59 %), так и водоросли станций, расположенных в зоне смешения озерных и речных вод (50–89 %). Такой же обособленной станцией по составу фитопланктона является и пелагиальная станция напротив устья р. Кокши. В состав фитопланктона пелагиали на этом участке озера входят как водоросли зоны смешения речных и озерных вод (на 50–59 %), так и водоросли из левого рукава реки (на 50–59 %). Наиболее банальным является состав фитопланктона в устье левого рукава реки, водоросли которого входят в состав как фитопланктона вышележащих станций (на 60–89 %), так и пелагиали в этом районе (на 50–59 %), а в него входят водоросли из зоны смешения речных и озерных вод (на 50–89 %). При сравнении состава фитопланктона пелагиали озера в целом можно отметить, что четко выделяется фитопланктон пелагиали южной меридиональной части озера и его широтной составляющей. Наиболее банальным является состав фитопланктона в пелагиали Чулышмана (ст. 1), водоросли которого входят в состав как близкорасположенных вниз по течению ст. 2 (на 50–59 %) и особенно – ст. 3 (на 70–79 %), так и станции в широтной части озера – напротив устья р. Самыш (ст. 12, на 50–59 %) и в истоке р. Бии (ст. 14, на 50–59 %). Фитопланктон в пелагиали напротив устья р. Кокши (ст. 3) из всех пелагиальных станций выделяется наиболее оригинальным составом – водоросли с других участков озера входят в состав этого фитопланктона на 70–79 %. В истоке р. Бии (ст. 14) тоже отмечен оригинальный состав фитопланктона, но с меньшими значениями мер включения – 50–69 %.

Эколого-географический анализ состава водорослей планктона пелагиали озера и р. Кокши показал, что по приуроченности водорослей к местообитанию большинство относится к обитателям дна и обрастающих (44,9 %); по географической приуроченности большее число видов (62,3 %) принадлежит к широко распространенным, или космополитам; по отношению к солености преобладают индифференты (56,5 %); по отношению к органическому загрязнению наиболее представлены β-мезосапробионты (31,9 %); среди видов-индикаторов рН среды преобладают индифференты (30,4 %) и алкалофильные виды (23,1 %). При анализе состава водорослей пелагиали озера и реки можно отметить, что в фитопланктоне пелагиали по местообитанию больше выявлено планктонных видов, а в фитопланктоне реки встречаются преимущественно бентосные виды (рис. 3). По географической приуроченности и в пелагиали, и в реке преобладают космопо-

литы, доля аркто-альпийских и бореальных видов выше в реке. В речном фитопланктоне больше видов-ацидофилов и индифферентов, а также галофобов и галофилов, в то время, как только в пелагиали встречаются олигогалобы. Из видов-индикаторов сапробности только в реке встречены α -мезосапробионты и по сравнению с пелагиалью снижены доли ксено-олигосапробов и бетамезосапробов.

Обсуждение

Известно, что чем крупнее приток, больше площадь его водосборного бассейна, меньшие уклоны местности и ниже скорость течения, а устье представлено дельтой, тем большее влияние планктон реки может оказывать на фитопланктон основного водоема. Влияние реки сказывается не только на видовом разнообразии фитопланктона на прилегающих к устью мелководьях, но и на количестве водорослей в толще воды. Так, например, самый крупный приток Байкала, р. Селенга с ее обширной дельтой, имея довольно разнообразный видовой состав (120 форм) и сравнительно высокое количественное развитие фитопланктона (максимальная численность свыше 2 млн кл./л, биомасса около 1 г/м³), оказывает значительное влияние на планктон прилегающих участков Селенгинского мелководья (Вотинцев и др., 1963). Влияние реки сказывается не только на увеличении числа видов, но и на динамике численности отдельных представителей планктона. В свою очередь, фитопланктон Селенгинского мелководья с его богатым видовым составом и значительным количественным обилием оказывает влияние и на планктон открытого Байкала, прилегающего к мелководным участкам дельты р. Селенги. Но не все притоки могут так обогащать озерный планктон, только наиболее крупные с развитым руслом и поймой. Например, в Ладожском озере три наиболее крупных притока – реки Свирь, Вуокса и Волхов, сток которых составляет около 80 % суммарного речного стока в озеро (Ладожское озеро..., 2002), в нижнем течении имеют разнообразный (176 таксонов рангом ниже рода) и обильный (до 2,69 мг/л) летний фитопланктон (Павлова и др., 2015). Этот планктон оказывает значительное влияние на озерный, так как, в приустьевых участках рек выявлено наибольшее таксономическое разнообразие фитопланктона озера (Ладожское озеро..., 2002). Для горного оз. Севан отмечают, что одни его притоки несут более разнообразный по составу фитопланктон и обогащают планктон открытого озера, в то время как в других планктон намного беднее озерного (Овсепян и др., 2013). Авторы с помощью индекса сходства Жаккара выявили незначительное сходство фитопланктонных сообществ в озере и его основных притоках, при этом доминантные виды притоков оказывают совсем несущественное влияние на формирование качественного состава фитопланктона оз. Севан.

Изучение фитопланктона в пелагиали Телецкого озера и одном из его крупных притоков восточного побережья меридиональной части выявило совсем незначительное влияние водорослей планктона реки на фитопланктон открытого озера. Качественный состав водорослей планктона открытой части озера разнообразнее, чем в притоке. В планктоне пелагиали выявлена большая доля планктонных форм по сравнению с таковой в притоке, что может свидетельствовать о преобладающей роли пелагиали в формировании собственно планктона озера. В фитопланктоне притока значительная роль отводится водорослям дна и обрастаний, которые, вероятно, попали в речной поток из обрастаний на камнях (преобладающий тип грунтов в р. Кокши), заболоченных территорий выше по течению (большая доля ацидофилов в составе фитопланктона реки) и пойменных водоемов. По географической приуроченности и в пелагиали, и реке преобладают космополиты, но доля аркто-альпийских и бореальных видов в реке выше, на что влияет, вероятно, водосборный бассейн притока, расположенный в субальпийском и лесном поясах (средняя высота водосбора составляет 1540 м над ур. м. (Селегей, Селегей, 1978)). Сравнение таксономического состава фитопланктона на разных станциях р. Кокши, зоны смешения озерных и речных вод и пелагиали напротив устья и всего озера между собой показало, как сходство, так и значительные отличия разных станций, расположенных в непосредственной близости друг от друга и на удалении. С использованием мер включения было показано, что в целом фитопланктон изучаемого притока имеет несколько обособленный характер, в то время как состав фитопланктона пелагиали напротив устья р. Кокши во многом отражает таковой пелагиали южной меридиональной части, а состав фитопланктона в истоке р. Бии является индикатором состояния фитопланктона северной широтной части озера, а не всего водоема. Морфометрическое деление водоема на две неравнозначные части, широтную и меридиональную, отражается и в качественном составе фитопланктона озера.

Следует отметить, что, с одной стороны, фитопланктон в р. Кокши не является каким-то особенным и оригинальным по составу и количеству видов водорослей, и, как следствие, не оказывает значительного влияния на фитопланктон близлежащей пелагиали озера, но с другой – здесь был выявлен разнообразный и оригинальный состав стоматоцист золотистых водорослей. В июле 2011 г. при исследовании обрастаний с

камней в приустьевой зоне этого притока с помощью СЭМ Hitachi S-3400N было найдено 159 стоматоцист, относящиеся к 15 морфотипам. Большинство стоматоцист было с рельефным рисунком и имело различные выросты, некоторые морфотипы были неправильной формы. Ранее в планктоне и бентосе Телецкого озера многие из них не были найдены (Баженова и др., 2012). При этом один морфотип не упоминается в Атласе цист золотистых водорослей, известных для современных альгоценозов и донных отложений Байкала (Фирсова, Лихошвай, 2006), но приводится для лесных отложений бассейна р. Лены (Gilbert et al., 1997). При сравнении состава стоматоцист перифитона в устье р. Кокши и планктона пелагиали напротив устья данного водотока были отмечены только два схожих морфотипа, т. е. цисты в фитоперифитоне были значительно разнообразнее и оригинальнее по составу, чем в планктоне. Гидрохимические данные, полученные параллельно с пробами планктона и перифитона в 2011 г., специфических особенностей данного водотока по сравнению с остальными участками озерной литорали и пелагиали не выявили. Концентрации ионов фосфора, кремния, фтора, хлора и сульфат-иона не выходили за пределы средних значений для озера в этот срок отбора (табл.). Только концентрация нитрат-иона в устье р. Кокши превысила среднюю для озера величину в момент отбора – 2,80 и $1,48 \pm 0,15$ мг/л, соответственно. Преобладание нитрат-ионов указывает на протекание в водах озера интенсивных процессов нитрификации в условиях избыточного кислородного насыщения. В пелагиали Кокши в этот же период выявлено превышение среднего значения для озера только по сульфат-иону. В июле 2013 г. в пелагиали Кокши отмечено незначительное превышение от средних значений по озера для фтора, хлора и сульфат-иона. Сульфаты являются индикаторами как естественных процессов в водоеме, когда они в незначительных концентрациях накапливаются в процессе отмирания организмов и окисления наземных и водных веществ растительного и животного происхождения, так и антропогенного загрязнения. Но Телецкое озеро расположено в труднодоступном районе Горного Алтая, половина его акватории и большая часть водосборного бассейна находится в составе Алтайского государственного биосферного заповедника, на территории которого исключена всякая хозяйственная деятельность. Содержание сульфатов в воде Телецкого озера на два порядка ниже, чем санитарная норма для рыбохозяйственного производства, которая составляет 100 мг/дм^3 , и ниже фоновых значений, принятых для Байкала – $5,5 \text{ мг/дм}^3$ (Грачев, 2001). Поэтому превышение от средних значений по озера концентраций сульфат-ионов еще не может служить объяснением как более оригинального состава стоматоцист, так и в целом фитопланктона. Вероятно, местные локальные факторы могут влиять на состав стоматоцист в фитоперифитоне, а гидродинамический фактор – большой сток воды (Селегей, Селегей, 1978) и высокая скорость течения могут оказывать существенное влияние на обеднение состава и обилия водорослей планктона р. Кокши и уменьшать воздействие в целом на планктон пелагиали озера.

Таблица

Биогенный и минеральный состав воды в Телецком озере

	Si	F ⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻
12–14 июля 2011 г.						
р. Кокши, устье	2,11	0,053	0,15	2,80	0,003	1,59
Кокши, пелагиаль	2,21	0,093	0,59	0,87	0,002	3,53
Пределы для озера	1,49–4,80	0,054–0,11	0,059–1,87	0,47–4,62	0,001–0,072	1,31–4,64
Среднее для озера	$2,67 \pm 0,09$	$0,07 \pm 0,003$	$0,61 \pm 0,05$	$1,48 \pm 0,15$	$0,01 \pm 0,003$	$3,39 \pm 0,11$
24–26 июля 2013 г.						
Кокши, пелагиаль	2,76	0,06	0,33	0,49	<0,01	3,19
Пределы для озера	2,73–4,46	0,03–0,10	0,05–0,38	0,35–0,75	< 0,01	1,05–3,62
Среднее для озера	$3,14 \pm 0,19$	$0,058 \pm 0,005$	$0,28 \pm 0,04$	$0,50 \pm 0,03$	< 0,01	$2,28 \pm 0,24$

Заключение

В фитопланктоне пелагиали и приустьевой зоны р. Кокши, одного из крупных притоков восточного побережья меридиональной части Телецкого озера, в период летнего нагревания 2013 г. обнаружено 69 видов водорослей из восьми отделов. Планктон пелагиали озера по составу и количеству видов водорослей богаче, чем речной. Анализ распределения водорослей по акватории водоема показал, что во всех изученных районах озера диатомовые преобладают по числу видов, составляя в пелагиали 50,0–84,6 % от общего количества видов, реке – 80,0–81,8 и зоне смешения озерных и речных вод – 57,1–71,4 %. С помощью мер включения выявлено, что фитопланктон притока не оказывает существенного влияния на состав водорослей пелагиали озера.

Благодарности

Автор признателен сотрудникам Лаборатории водной экологии и Лаборатории гидрологии и математического моделирования ИВЭП СО РАН за помощь при отборе проб, сотрудникам ХАЦ ИВЭП СО РАН Е.И. Третьяковой, А. Б. Соколовой, А. Н. Эйрих за предоставление данных химического анализа проб воды.

ЛИТЕРАТУРА

- Андреев В. Л.* Классификационные построения в экологии и систематике. – М.: Наука, 1980. – 142 с.
- Баженова О. П., Митрофанова Е. Ю., Шаховал В. Е.* Стوماتоцисты хризофитовых водорослей из водных объектов Омского Прииртышья и озера Телецкого (Горный Алтай, Россия) // Сиб. эколог. журн., 2012. – № 4. – С. 571–578.
- Баринова С. С., Медведева Л. А., Анисимова О. В.* Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. – Тель Авив, 2006. – 498 с.
- Вотинцев К. К., Поповская Г. И., Мазенова Г. Ф.* Физико-химический режим и жизнь планктона Селенгинского района озера Байкал // Тр. ЛИНа. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – Т. 7, № 27. – 321 с.
- Генкал С. И., Митрофанова Е. Ю.* Материалы к флоре Bacillariophyta Телецкого озера (Алтайский край, Россия) // Альгология, 1995. – Т. 5, № 4. – С. 375–377.
- Грачев М. А.* О современном состоянии экологической системы озера Байкал. – Иркутск: ЛИН СО РАН, 2001. – 156 с.
- Зарубина Е. Ю., Яныгина Л. В., Бурмистрова О. С., Митрофанова Е. Ю., Ким Г. В., Котовщиков А. В., Крылова Е. Н., Ковешников М. И.* Литоральные биоценозы как один из факторов устойчивости экосистемы Телецкого озера // Ползуновский вестник, 2005. – № 4(2). – С. 201–207.
- Ладожское озеро – прошлое, настоящее, будущее. – СПб: Наука, 2002. – 327 с.
- Митрофанова Е. Ю.* Разнообразие центральных диатомовых водорослей в фитопланктоне как один из факторов и индикаторов устойчивости экосистемы глубокого олиготрофного озера (на примере оз. Телецкое, Горный Алтай, Россия) // Экология, 2011. – № 3. – С. 233–236.
- Овсепян А. А., Хачикян Т. Г., Гамбарян Л. Р., Мартиросян А. Е.* Особенности качественной структуры фитопланктонного сообщества озера Севан и его водосборного бассейна // Изв. аграрной науки, 2013. – Т. 11, № 1. – С. 1–10.
- Павлова О. А., Афанасьева А. Л., Станиславская Е. В.* Сообщества фитопланктона основных притоков Ладожского общества летом 2014 г. // Изв. Сам. науч. центра РАН, 2015. – Т. 17, № 6. – С. 135–139.
- Поповская Г. И., Генкал С. И., Лихошвай Е. В.* Диатомовые водоросли планктона озера Байкал: Атлас-определитель. – Новосибирск: Наука, 2002. – 168 с.
- Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. – СПб.: Гидрометеоздат, 1992. – 318 с.
- Селегей В. С., Селегей Т. С.* Телецкое озеро. – Л.: Гидрометеоздат, 1978. – 142 с.
- Фирсова А. Д., Лихошвай Е. В.* Атлас цист хризофитовых водорослей озера Байкал. – Новосибирск: Наука, 2006. – 148 с.
- Яныгина Л. В., Ковешников М. И., Крылова Е. Н., Марусин К. В.* Пространственное распределение зообентоса Телецкого озера // Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды: материалы III Междунар. науч. конф. (17–22 сентября 2007 г., Минск) – Минск: Изд. центр БГУ, 2007. – С. 274.
- Gilbert S., Zeeb B. A., Smol J. P.* Chrysophyte stomatocyst flora from a forest peat core in the Lena River Region, north-eastern Siberia // Nova Hedwigia, 1997. – Vol. 64. – P. 311–352.
- Heikki S.* Reply to Sandgren and Smol: further discussion on chrysophyte cyst taxonomy // J. of Paleolimnology, 1993. – No. 9. – P. 63–68.
- Hofmann H., Lorke A., Peeters F.* Wind and ship wave-induced resuspension in the littoral zone of a large lake // Water Resources Research, 2011. – Vol. 47, No. 9. – P. W09505