

Пространственная структура и среда обитания фитопланктона рек системы бифуркации Делькю

В.А. Габышев, П.А. Ремигайло, О.И. Габышева

*Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, г. Якутск
v.a.gabyshev@yandex.ru, p.a.remigailo@ibpc.ysn.ru*

Аннотация. Получены первые сведения о развитии фитопланктона и физико-химическом составе воды для рек системы бифуркации Делькю, представляющих собой единую речную систему, принадлежащую бассейнам Тихого и Северного Ледовитого океанов. Выявлены основные особенности пространственной структуры таксономического состава и количественного развития фитопланктона рек системы бифуркации. Проведена комплексная оценка качества вод по биоиндикационным свойствам водорослей планктона и гидрохимическим параметрам. Полученные сведения о структуре фитопланктона и физико-химических параметрах вод являются фоновыми и представляют основу биомониторинга речной экосистемы. В планктоне нижнего течения р. Охоты обнаружена реликтовая диатомовая водоросль – *Pliocaenicus costatus*. Находка является пионерной и расширяет ареал реликта на территории Северного Охотоморья.

Ключевые слова: фитопланктон, физико-химические параметры воды, фоновые данные, качество воды рек Охоты, Делькю, Делькю-Охотской, Делькю-Куйдусунской, Куйдусуна, Индигирки.

Spatial Structure and Habitat Conditions of Phytoplankton of Rivers Connected by Delkyu Bifurcation

V.A. Gabyshev, P. A. Remigailo, O.I. Gabysheva

*Institute for Biological Problems of Cryolithozone SB RAS
v.a.gabyshev@yandex.ru, p.a.remigailo@ibpc.ysn.ru*

Abstract. The first results of the study of phytoplankton and chemical composition of water of rivers that belong to the Pacific and Arctic Oceans basins and are connected by the Delkyu bifurcation are reported. The basic features of spatial structure of the phytoplankton taxonomy and its quantities are revealed. Integrated assessment of water quality from the rivers according to bioindicative properties of plankton algae and hydrochemical parameters is made. The data obtained about the phytoplankton structure and the rivers water physical and chemical parameters are background by their character and can serve as a basis for researchers to conduct biomonitoring of the rivers ecosystem. Relictual Diatom species *Pliocaenicus costatus* is found in the lower section of the Okhota River. It obviously was entered to the river plankton from some lakes of its basin. It is a first find in the region which allows to expand the habitat of *Pliocaenicus costatus*.

Key words: phytoplankton, physical and chemical parameters of water, background data, water quality, Okhota River, Delkyu River, Delkyu-Okhotskaya River, Delkyu-Kuydusunsкая River, Kuydusun River, Indigirka River.

Введение

Бифуркация Делькю расположена в 30 км к югу от горы Берилл хребта Сунтар-Хаята и представляет собой редкое в природе явление разделения русла реки на два потока. В точке

разветвления от р. Делькю в южном направлении ответвляется р. Делькю-Охотская, являющаяся притоком р. Охоты, впадающей в Охотское море. В северо-восточном направлении от места разветвления вытекает р. Делькю-Куйдусунская – приток второго порядка р. Индигирки, впадающей в Восточно-Сибирское море. Все водотоки объединены в единую речную систему, пересекающую континент с юга на север – от Тихого океана к Северному Ледовитому.

ГАБЫШЕВ Виктор Александрович – д.б.н., с.н.с.;
РЕМИГАЙЛО Павел Александрович – к.б.н., директор;
ГАБЫШЕВА Ольга Ивановна – м.н.с.

Единственная река этой системы, о планктоне и гидрохимии которой имеются сведения – это р. Индигирка. Первые данные о флоре ее планктона приводятся в работе [1], основанной на наблюдениях на участке реки от устья р. Момы до дельты. Более обширный участок от устья р. Неры до устья р. Аллаихи, протяженностью 1246 км, был исследован нами в альгологическом и гидрохимическом отношении [2]. Гидробиологические и гидрохимические наблюдения других рек системы Делькю проведены впервые, что подтверждает актуальность настоящего исследования.

Цель работы – изучение современного состояния фитопланктона и гидрохимического состава вод рек системы бифуркации Делькю, оценка качества вод по сапробным организмам и гидрохимическим параметрам.

Материалы и методы исследования

Гидробиологические и гидрохимические наблюдения на реках Охота, Делькю, Делькю-Охотская, Делькю-Куйдусунская и Куйдусун проведены с 10 по 24 июля 2016 г. во время комплексной экспедиции, организованной Якутским региональным отделением Общероссийской общественной организации «Российский союз спасателей» при поддержке Русского географического общества. Отобрано 99 альгологических проб в 51 пункте наблюдений (рисунок). Гидрохимические наблюдения проведены в 34 пунктах, включая компоненты солевого состава и биогенные элементы (34 пробы), фенолы, АПАВ, нефтепродукты, растворенный кислород, БПК₅, углекислый газ, взвешенные вещества (по 26 проб).

В соответствии с морфометрией исследованная речная система условно разделена на шесть участков. Участок А – реки Делькю-Охотская и Охота длиной 397 км, участок В – точка бифуркации р. Делькю, участок С – реки Делькю-Куйдусунская и Куйдусун длиной 242 км, характеризуется большим количеством разбоев и небольшими глубинами. Участки D, E и F соответствуют верхнему, среднему и нижнему участкам р. Индигирки, описанным в прежней нашей публикации [2].

При сборе, обработке и анализе материалов по фитопланктону применены унифицированные методы [3]. Микроскопирование препаратов выполнено с применением светового микроскопа Olympus BH-2. Для идентификации диатомовых водорослей было изготовлено 70 постоянных препаратов путем прокалывания створок и помещения их в синтетическую смолу BIO MOUNT. Анализ флористического состава выполнен с применением системы, принятой в ра-

боте [4], с уточнением для Bacillariophyta – согласно системе, предложенной в [5]. Сведения об экологической принадлежности водорослей приведены по работе [6]. Химический анализ проб воды выполнен по общепринятым методикам [7]. Для оценки качества вод использованы единые критерии [8], а также рассчитан индекс загрязнения воды (ИЗВ) с применением системы ПДКвр [9].

Результаты и обсуждение

Гидрохимия. Воды исследованных рек не имеют вкуса и запаха, обладают невысокой цветностью (от 11 до 14°). Водородный показатель свидетельствует о смещении реакции воды в нейтральную сторону (6,80–7,23). Уровень минерализации (31,94–86,49 мг/дм³) и общей жесткости (0,48–1,24 мг·экв./дм³) характеризует воду как «маломинерализованную», «очень мягкую». По соотношению главных ионов вода большинства обследованных рек относится к хлоридному классу кальциево-магниевого группы. На долю ионов хлора приходится 34–56 %-экв. от всей суммы ионного состава. Из суммы катионов на долю кальция приходится 16–23 %-экв., магния – 18–19%-экв. В воде р. Индигирки доля сульфатов и гидрокарбонатов составляет 26–34%-экв., кальция – 29–30%-экв., т.е. воды реки относятся к сульфатно-гидрокарбонатному классу, к группе кальция. Концентрация кремния составляет 0,55–1,98 мг/дм³, нитратов – 0,40–0,80 мг/дм³, ионов аммония – 0,01–0,02 мг/дм³, нитритов – 0,000–0,015 мг/дм³, фосфора общего – 0,005–0,020 мг/дм³, фосфатов – 0,003–0,010 мг/дм³. На всем протяжении р. Индигирки наблюдается высокое содержание ионов аммония (1,00–2,44 ПДК), анионоактивных детергентов (1,00–1,30 ПДК). На участках E и F отмечается превышение ПДК в 1–2 раза по трудноокисляемым органическим веществам (по величине ХПК), взвешенным веществам и показателям цветности и прозрачности. Для всех обследованных рек характерна высокая концентрация железа общего (2,70–10,10 ПДК), составляющая в р. Индигирке 0,27–1,01 мг/дм³, в остальных реках этот показатель варьировал в пределах от 0,48 до 0,51 мг/дм³.

По показателям качества воды большинство участков рек соответствуют 3-му классу, на участке F – 4-му классу. Индекс ИЗВ находится в пределах 1,00–1,05 ед., что соответствует допустимой экологической нагрузке.

Фитопланктон. В результате наших наблюдений, а также с учётом опубликованных данных [1, 2] в планктоне исследованных рек выявлен 331 вид водорослей (384 таксона рангом ниже рода, включая номенклатурный тип вида) из 8 отделов, 12 классов, 19 порядков, 50 семейств, 100 родов.

По видовому богатству преобладают представители отдела диатомовых (45,6 % от общего числа видов) и зелёных (34,1 %) водорослей. Разнообразно представлены синезеленые, золотистые и эвгленовые водоросли – соответственно 9,1, 3,9 и 3,3 %. Динофитовых и желтозеленых по 1,8 %. Из отдела красных водорослей найден один вид. На уровне классов выделяются Pennatophyceae (42,0 % видового состава), Conjugatophyceae (17,5 %) и Chlorophyceae (16,6 %), на уровне порядков – Raphales (34,1 %), Desmidiaceales (16,0 %) и Chlorococcales (13,0 %).

Анализ родового спектра планктонной флоры указывает на неравномерность распределения видов по родам. Так, 10 ведущих родов, составляющих 10,0% всего родового состава, охватывают 39,6 % общего числа видов. Одно- и двухвидовыми являются 68,0 % всех родов водорослей планктона реки, причем на их долю приходится 27,5 % всего видового состава. Пропорции флоры 1:2,0:6:6:7:7. Родовая насыщенность 3,3. Варибельность вида 1,2.

Так как исследованные реки имеют горный характер, в фитопланктоне преобладают бентосные водоросли, случайно занесенные в толщу воды (36,2 % видового состава); водорослей смешанного планктонно-бентосного типа местообитаний (24,5 %) и планктонных форм (22,4 %) – меньше. Отмечено 10 реофильных видов, представителей диатомовых и зеленых водорослей. Воды рек бифуркации маломинерализованные, что обуславливает преобладание в фитопланктоне олигогалобов (63,5 %). Активная реакция вод нейтральная, поэтому значительна доля индифферентов (24,0 %), а также алкалофилов и алкалобионтов (в сумме 19,8 %), ацидофилов (9,9 %) – меньше, ацидобионты отсутствуют. По географической принадлежности основу фитопланктона составляют космополиты (57,0 %). Наибольший интерес в связи с особенностями природных условий региона представляют альпийские и арктоальпийские организмы, их доля в фитопланктоне рек составляет 6,8 %. Доля бореальных и циркумбореальных видов – 7,0 %, доля представителей голарктического географического царства – 6,8 %. Суровые природные условия региона объясняют присутствие 8 видов стенотермных холодолюбивых диатомей.

По отношению к концентрации органических веществ в водной толще состав водорослей-индикаторов исследованных рек на 17,4 % образован β -мезосапробными формами, 13,0 % – олигосапробными, 33,1 % – видов, развивающихся в переходной зоне между β -мезо- и олигосапробной. Меньше водорослей, характеризующих воды с высокими показателями сапроб-

ности (β - α , α - β , α , ρ - α , β - ρ , ρ) – 12,4 % и с очень низкими (χ , χ - σ , σ - χ , χ - β) – 24,1 %.

На **участке А** во флоре планктона из 87 видов (99 внутривидовых таксонов) из 6 отделов преобладают диатомеи (70,1 % общего числа видов), им уступают зеленые (13,8 %) и синезеленые (12,6 %). Представителей золотистых, желтозеленых и красных выявлено по одному виду. На этом участке в низовье р. Охоты был отмечен реликтовый вид из диатомей *Pliocenicus costatus* (Log., Lupik. et Churs.) Flower, Ozornina, Kuzmina. Количественные показатели развития фитопланктона на этом участке очень низкие – 1,3 тыс. кл./л и 0,0075 мг/л. Как по численности, так и по биомассе основу фитопланктона составляют диатомовые водоросли (80,9 % численности, 89,5 % биомассы).

Доминируют три вида диатомей, представители бентоса и смешанного планктонно-бентосного типа, что объясняется активным заносом в планктон донных обитателей в условиях горной реки: *Hannaea arcus* (Ehr.) Patr., *Synedra ulna* (Nitzsch) Ehr., *Gomphonema angustatum* (Kütz.) Rabenh. var. *productum* Grun. Характерно присутствие среди доминантов арктоальпийского вида.

На **участке В** в планктоне выявлено 15 видов водорослей (17 внутривидовых таксонов) из 3 отделов. По видовому обилию здесь преобладают диатомовые (73,3% общего числа видов). Из синезеленых встречено 3 вида и из желтозеленых – 1 вид.

Уровень вегетации фитопланктона низкий – 0,5 тыс. кл./л, 0,003 мг/л. По количественному развитию в планктоне участка доминируют диатомеи, их доля в общей численности фитопланктона составляет 76,5%, в биомассе – 99,7%. В число структурообразующих видов фитопланктона входят бентосные и планктонно-бентосные формы и арктоальпийские реофилы: *Hannaea arcus* и *Synedra ulna*.

В планктоне **участка С** выявлено 86 видов водорослей (95 внутривидовых таксонов) из 6 отделов. По видовому обилию преобладают диатомовые (70,9 % общего числа видов). Вклад во флору планктона представителей зеленых (16,3 %) и синезеленых (9,3 %) водорослей ниже. Золотистые, желтозеленые и динофитовые включают по одному виду.

Уровень вегетации фитопланктона невысокий – 1,4 тыс. кл./л, 0,0124 мг/л. По количественному развитию в планктоне участка доминируют диатомеи, их доля в общей численности фитопланктона составляет 83,1 %, по биомассе – 63,6 %.

Набор доминантов фитопланктона несколько меняется по сравнению участком В, но это по-прежнему представители диатомей: *Synedra ulna* и *Achnanthes nodosa* A. Cl., бентосные и

планктонно-бентосные формы, включая арктоальпийский вид.

В составе фитопланктона на **участке D** выявлено 90 видов (102 внутривидовых таксона) из 7 отделов. По числу видов преобладают диатомовые (56,7 % общего числа видов), им уступают зелёные (23,3 %). Золотистых и синезелёных меньше – 7,8 % и 5,6 % соответственно. Беден состав жёлтозелёных (3,3 %) и динофитовых (2,2 %), из эвгленовых встречен один вид.

Количественные показатели развития фитопланктона на этом участке – 41,0 тыс. кл./л и 0,0419 мг/л. Как по численности, так и по биомассе основу фитопланктона составляют диатомовые водоросли (99,9 % численности, 99,6 % биомассы).

В планктоне доминируют четыре вида диатомей: *Hannaea arcus*, *Achnanthes nodosa*, *Gomphonema angustatum* var. *productum*, *Tabellaria fenestrata* (Lyngb.) Kütz. var. *intermedia* Grun. Гидрологические и географические особенности участка D закономерно отражаются на экологической характеристике доминантов, среди них два представителя арктоальпийской флоры и два типичных реофила.

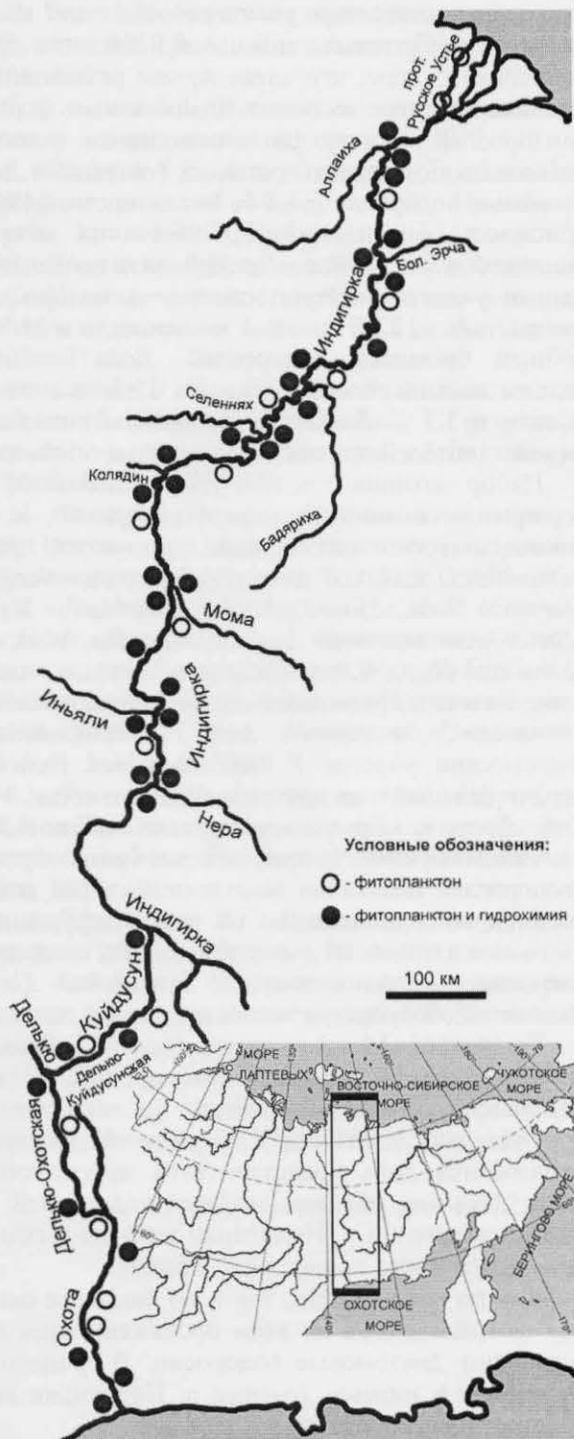
В планктоне **участка E** выявлен 121 вид водорослей (141 внутривидовой таксон) из 6 отделов. По видовому обилию по-прежнему преобладают диатомовые (48,8 % общего числа видов). По сравнению с предыдущим участком возрастает вклад во флору планктона представителей других отделов водорослей, главным образом зелёных (30,6 %) и синезелёных (8,3 %). Разнообразно представлены золотистые (5,8 %), желтозелёные и динофитовых (по 3,3 %) меньше.

Уровень вегетации фитопланктона здесь несколько ниже, чем на предыдущем участке – 34,5 тыс. кл./л, 0,0345 мг/л. По количественному развитию по-прежнему доминируют диатомей, их доля в общей численности фитопланктона составляет 92,2 %, по биомассе – 98,5 %. Несколько увеличивается роль зелёных (7,0 % численности, 1,0 % биомассы фитопланктона) и золотистых (0,8 % численности, 0,3 % биомассы) водорослей. Доля представителей других отделов водорослей в общей биомассе фитопланктона незначительна.

Набор структурообразующих видов фитопланктона несколько меняется по сравнению с вышерасположенным участком, но это по-прежнему представители диатомей: *Hannaea arcus*, *Diatoma elongatum* (Lyngb.) Ag., *D. elongatum* var. *tenue* (Ag.) V. N., *Achnanthes nodosa*, *Gomphonema angustatum* var. *productum*. Индигирка здесь в значительной степени сохраняет горный характер. Доминантами на этом участке реки, как и выше по течению, являются бентос-

ные и планктонно-бентосные формы, среди них два арктоальпийских вида и два реофила.

На **участке F** видовое обилие фитопланктона наиболее велико по сравнению с вышележащими участками – 212 видов (243 внутривидовых таксона) из 7 отделов. Флора обогащается главным образом за счет представителей отдела зелёных водорослей, которые составляют 42,9 % видового состава. Число видов диатомовых в



Карта-схема района исследований

абсолютном выражении возрастает по сравнению с вышележащим участком, а их доля во флоре планктона снижается до 38,7 % от общего числа видов. Возрастает роль эвгленовых, чья доля в планктоне увеличивается соответственно до 4,7 %. Разнообразно представлены золотистые (5,7 %) и синезелёные (4,7 %) водоросли, динофитовых (1,9 %) и желтозелёных (1,4 %) меньше.

Численность фитопланктона больше, чем на вышерасположенных участках – 49,5 тыс. кл./л, а уровень биомассы ниже – 0,0268 мг/л. Это объясняется тем, что здесь лучше развиваются мелкоклеточные истинно планктонные формы водорослей. Основу фитопланктона по количественным показателям развития составляют диатомовые водоросли (61,8 % численности, 64,6 % биомассы фитопланктона), однако их доля в планктоне снижается в сравнении с вышележащими участками. Роль золотистых водорослей возрастает до 22,7 % общей численности и 28,7 % общей биомассы водорослей. Доля зелёных также повышается и составляет 15,5 % численности и 5,7 % биомассы фитопланктона. Роль представителей других отделов незначительна.

Набор доминантов полностью меняется в сравнении с вышележащими участками, в их числе наряду с диатомеями появляются представители зелёных и золотистых: *Asterionella formosa* Hass., *Monoraphidium komarkovae* Nyg., *Dinobryon suecicum* Lemm., *Synedra ulna*, *S. tabulata* (Ag.) Kütz. Скорость течения здесь снижается, и среди доминантов появляются два типично планктонных вида. Географическое положение участка F обуславливает наличие среди доминантов арктоальпийского вида. Индекс биоразнообразия варьирует от 3,67 до 4,39.

Таким образом, уровень видового разнообразия водорослей планктона исследованных рек повышается вниз по течению от точки бифуркации. Большое влияние на фитопланктон рек оказывает заносная флора, в видовом отношении фитопланктон обогащается за счёт приточной системы.

Таксономическая структура сообществ планктонных водорослей неоднородна на различных участках. В верховьях по числу видов преобладают диатомеи, в среднем течении увеличивается доля представителей других отделов, главным образом зелёных водорослей. В нижнем течении р. Индигирки зелёные выходят на первое место по видовому обилию.

Как по численности, так и по биомассе основу фитопланктона на всём протяжении рек составляют диатомовые водоросли. В среднем и особенно в нижнем течении р. Индигирки возрастает роль золотистых и зелёных.

Наименьшее количественное развитие планктона характерно для зоны бифуркации и не-

больших рек: Делькю, Делькю-Охотской, Делькю-Куйдусунской и Охоты.

Основные факторы, сдерживающие развитие планктонных водорослей исследованных рек – это высокая скорость течения и низкое содержание в водах реки минеральных элементов, а также малая степень доступности биогенных веществ. Это определяет невысокие показатели численности и биомассы водорослей, которые варьируют по различным пунктам отбора проб в следующих пределах: 0,2–155,5 тыс. кл./л и 0,0010–0,1517 мг/л.

Согласно коэффициентам общности видового состава фитопланктона для разных участков исследованных рек, наибольшую степень сходства имеют участки р. Индигирки E и D (0,65), что объясняется сходными условиями обитания водорослей. Высокая степень сходства между видовым составом фитопланктона участков E и F Индигирки (0,53) связана с их смежным расположением. Характерна также значительная степень сходства флоры планктона на участках A и C (0,52), т.е. участках, берущих начало из точки бифуркации. Самый низкий показатель сходства отмечен для точки бифуркации (участок B) и всеми остальными участками исследованных рек (0,08–0,18), что связано с изменением разнообразия состава альгофлоры по мере продвижения вниз по течению рек, в основном за счёт влияния приточной системы.

Состав доминантов на всех участках рек достаточно однороден и представлен бентосными и планктонно-бентосными диатомовыми видами. В нижнем течении р. Индигирки состав доминантов меняется, в их числе нет реофилов, бентосные виды замещаются типично планктонными, кроме диатомовых появляются представители зелёных и золотистых. Индекс биоразнообразия (Hb) фитопланктона повышается от точки бифуркации к морским устьям.

В планктоне нижнего течения р. Охоты найден реликтовый вид из диатомей – *Pliocaenicus costatus*. На территории Восточной Сибири представители рода отмечены в водоемах байкальской рифтовой зоны, в низовьях Енисея, в водоемах Верхоянских гор, озерах Южной Якутии, Чукотки (Эльгыгытгын, Экитики, Коолень) и Верхней Колымы (оз. Джека Лондона) [10–15]. На территории Северного Охотоморья этот вид диатомологами ранее обнаружен не был [16]. Вид встречен единично и предположительно занесен в планктон р. Охоты из озер ее бассейна. Дальнейшие, более детальные исследования водоемов региона позволяют полнее изучить распространение видов этого рода. Так, в водоемах байкальской рифтовой зоны, по данным Н. А. Бондаренко [11], P.

costatus является широко распространенным видом, считается, что вид использовал эти водоемы как своеобразные рефугиумы.

Средний показатель сапробности рек системы бифуркации Делькю – 1,42 (что соответствует олиго-β-мезосапробной зоне загрязнения). Воды исследованных рек относятся к 3–4-м классам чистоты и характеризуются как «умеренно загрязненные – загрязненные» водотоки. Физико-химические параметры рек находятся преимущественно под влиянием природных факторов (сток с прибрежных территорий за счет интенсивных процессов оттаивания и размывания вечномерзлых грунтов). Вечномерзлые грунты здесь ограничивают дренаж почвы, препятствуют вымыванию минеральных солей, вследствие чего грунтовое питание рек и насыщение воды солями лимитировано.

Заключение

Пространственная структура таксономического состава и количественного развития фитопланктона на различных участках исследованных рек неоднородна и обусловлена закономерной сменой по направлению от истока к устью реки гидрологических и морфометрических факторов, действующих на речной фитопланктон, а также влиянием приточной системы. Находка диатомовой водоросли *Pliocaenicus costatus* является пионерной и позволяет расширить сведения об ареале реликта на юго-востоке региона. Полученные данные о планктонной флоре и гидрохимии рек системы бифуркации Делькю являются фоновыми и представляют основу для организации гидробиологического мониторинга водной экосистемы региона в последующий период наблюдений.

Литература

1. Комаренко Л.Е. К изучению флоры водорослей реки Индигирки // Известия Вост. филиалов АН СССР. 1957. №4–5. С. 203–219.
2. Габышев В.А., Габышева О.И. Особенности развития фитопланктона и физико-химических свойств воды р. Индигирка // Вестник СВНЦ ДВО РАН. 2011. № 3. С. 42–50.
3. Садчиков А.П. Методы изучения пресноводного фитопланктона: Методическое руководство. М., 2003. 157 с.
4. Вассер С.П., Кондратьева Н.В., Масюк Н.П. и др. Водоросли: Справочник. Киев: Наукова думка, 1989. 608 с.
5. Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные). Л.: Наука, 1988. Т. 2. 116 с.
6. Барина С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив: Pilies Studio, 2006. 498 с.
7. Семенов А. Д. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. Л., 1977. 540 с.
8. Sládeček V. System of water quality from the biological point of view // Arch. Hydrobiol. Ergebn. Limnol. 1973. V. 7, № 1. P. 1–218.
9. Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология: методы, критерии, решения: в 2 кн. Кн. 1. М.: Наука, 2005. 281 с.
10. Cremer H., Van De Vijver B. On *Pliocaenicus costatus* (Bacillariophyceae) in Lake El'gygytyn, East Siberia // European Journal of Phycology. 2006. №41(2). P. 169–178.
11. Бондаренко Н. А. Фитопланктон горных озер Восточной Сибири // Известия Самарского научного центра РАН. 2006. Т. 8, № 1. С. 176–190.
12. Бондаренко Н. А., Томберг И. В., Логачёва Н. Ф., Тимошкин О. А. Фитопланктон и гидрохимия рек Витим, Мама и Чуя (Забайкалье, бассейн реки Лены) // Известия Иркутского государственного университета. Серия «Биология. Экология». 2010. Т. 3, № 4. С. 70–81.
13. Генкал С. И., Бондаренко Н. А., Щур Л. А. Диатомовые водоросли озер юга и севера Восточной Сибири. Рыбинск: Рыбинский дом печати, 2011. 107 с.
14. Харитонов В.Г. Диатомовые водоросли Кольмы. Магадан: Кордис, 2014. 495 с.
15. Габышев В. А. Фитопланктон крупных рек Якутии и сопредельных территорий Восточной Сибири: Автореф. дис. ... д.б.н. М., 2015. 46 с.
16. Харитонов В. Г. Конспект флоры диатомовых водорослей (Bacillariophyceae) Северного Охотоморья. Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 2010. 189 с.

Поступила в редакцию 22.12.2016