

УДК 574.587

ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОТОК УСТЬЕВОЙ ОБЛАСТИ РЕКИ ЛЕНЫ

Г.Р. Нигаматзянова, Л.А. Фролова, А.А. Четверова, И.В. Федорова

Аннотация

Представлены материалы по современному таксономическому составу, структуре и количественным характеристикам зоопланктона проток дельты р. Лены. В летнем зоопланктоне проток р. Лены отмечено 34 вида зоопланктонных организмов, принадлежащих к 18 семействам и 29 родам. Основу видового разнообразия составляют колеловратки как по видовому разнообразию, так и по численности. Зоопланктонное сообщество проток р. Лены характеризуется невысокими показателями видового разнообразия и низкими количественными характеристиками.

Ключевые слова: гидрология, гидробиология, зоопланктон, река Лена, дельта, протоки.

Введение

Река Лена имеет самую большую дельту в российской Арктике. Устьевая область р. Лены находится на северо-западной окраине северо-востока России. Ее территория омывается морем Лаптевых с севера, востока и запада и граничит с горными сооружениями (кряж Чекановского и Хараулахский хребет) на юге. Общая площадь дельтового участка р. Лены, по разным оценкам, составляет от 25 до 32 тыс. км² [1]. Дельта реки богата различными водоемами и водотоками. В общей сложности дельта р. Лены включает в себя 60 тыс. озер (в среднем на каждый 1000 км² приходится 2120 озер) и более чем 800 проток [2].

Дельта р. Лены является уникальным водным объектом. Уникальность дельтовой области объясняется генезисом рассматриваемого водного объекта – перераспределением стока, взаимодействием речных и морских вод, а также и его географическим положением и, соответственно, природными условиями дельты – расположением в зоне сплошного распространения многолетнемерзлых пород. Руслые разветвления и перераспределение стока по рукавам дельты способствуют возникновению различий в гидрологических характеристиках и гидродинамических условиях в различных частях дельты, что, в свою очередь, обуславливает преобразование физических, химических и биологических характеристик стока дельты и отдельных ее частей (проток) [3].

Опубликованные данные гидробиологических исследований дельты р. Лены, начатых еще в 1901–1903 гг. в рамках Русской полярной экспедиции, немногочисленны, и эти исследования носили эпизодический характер [4]. Большая часть исследований специалистов гидробиологов была направлена на изучение фауны самой р. Лены, шельфовых участков моря Лаптевых или термокарстовых

озер водосборного бассейна, полигональным водоемам и протокам дельты реки уделялось значительно меньше внимания. В настоящее время опубликованных литературных данных о зоопланктонных сообществах протоков дельты Лены, структурно-функциональных характеристиках, динамике зоопланктона в короткий арктический вегетационный период явно недостаточно [5].

Целью наших исследований явилось изучение гидрологических особенностей и современного состава зоопланктонных сообществ наиболее значимых протоков дельты реки Лены. В связи с этим в настоящей работе проводится сравнительный анализ качественного и количественного составов зоопланктона, выявляются структурно-функциональные характеристики зоопланктонного сообщества, оценивается уровень загрязненности водотоков на основе зоопланктонных сообществ и влияние на зоопланктон абиотических факторов.

1. Материалы и методы

1.1. Район исследования. Климат района устьевой области р. Лены весьма суров, что определяется географическим положением и своеобразием господствующих в юго-восточной части моря Лаптевых атмосферных процессов. Вся устьевая зона р. Лены находится за полярным кругом. Климат южной части дельты р. Лены вместе с о. Самойловским характеризуется низкой среднегодовой температурой воздуха ($-14.7\text{ }^{\circ}\text{C}$) и малым годовым количеством осадков (190 мм). Зимний сезон длится 9 месяцев с конца сентября до конца марта ($T_{\text{ср}} = -30\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{мин}} = -48\text{ }^{\circ}\text{C}$). Воды устьевой области р. Лены с ноября по май покрыты льдом. Ледостав длится до 230 дней, а на приморских участках еще дольше. К весне толщина льда в устьевой области р. Лены как на протоках, так и на прибрежно-морских участках составляет в среднем 2 м. В разные годы имеют место значительные колебания толщины льда от 1.5 до 2.5 м. В Туматских и Оленекской протоках в суровые зимы перекааты могут перемерзнуть до дна, и сток воды в море на это время почти полностью прекращается [6].

Летний период длится 12 недель и отличается относительно высокими температурами ($T_{\text{ср}} = 7\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{макс}} = 18\text{ }^{\circ}\text{C}$) и постоянным освещением (полярный день). Продолжительность теплого периода со среднесуточной температурой выше $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ составляет на побережье 98 дней. Самый теплый период вегетационного сезона – вторая половина июля и первая половина августа. Средняя температура июля в дельте Лены составляет $+4...+8.9\text{ }^{\circ}\text{C}$. Средняя продолжительность безморозного периода на севере дельты – 40 дней, в южной части – 60 дней [7].

Нами были изучены зоопланктонные сообщества в южной части дельты р. Лены на протоках Булкурская, Быковская, Трофимовская, Туматская, Оленекская (Чай-Тумус и Гусинка) и на главном русле (рис. 1). По главному руслу сток воды и переносимых рекой веществ поступает в дельтовую область, где происходит перераспределение стока по большим и малым протокам дельты. Из всех протоков р. Лены самая крупная протока – Трофимовская, вторая по величине и водности – Быковская, затем идут Оленекская и Туматская протоки [8]. Густота русловой сети в восточной части дельты равна 0.34 км/км^2 , в западной – 0.13 км/км^2 [9]. По данным на 2012 г., около 42% всех водотоков дельты находится в системе Трофимовской протоки, 29% – Туматской, 18% – Оленекской и 11% – Быковской [3].

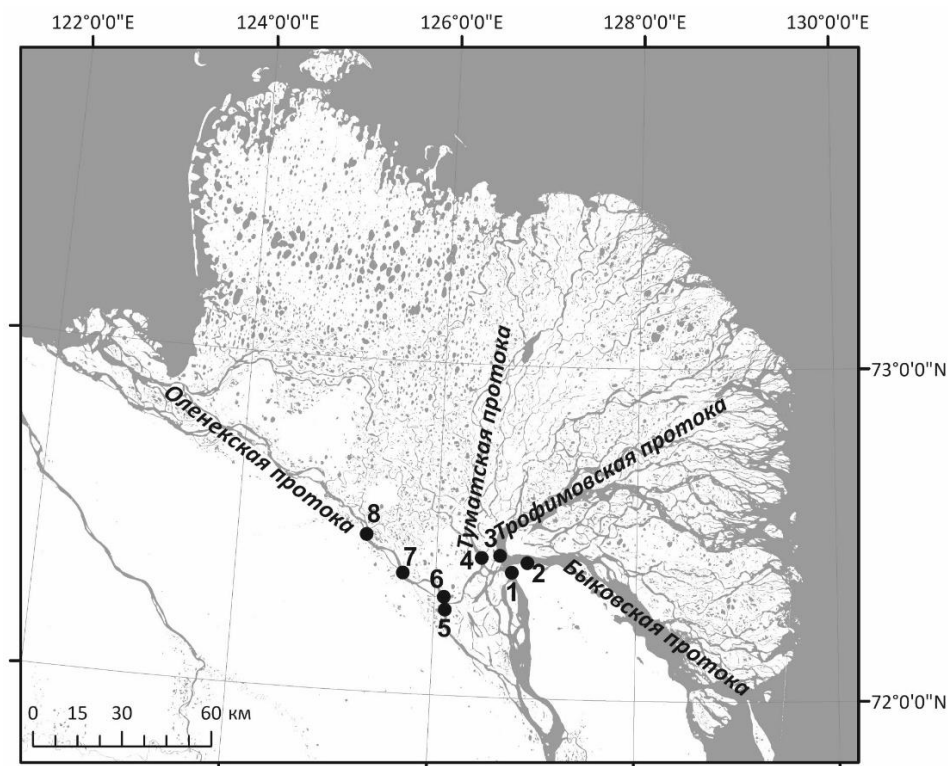


Рис. 1. Карта-схема расположения основных протоков дельты реки Лены и точек пробоотбора и гидрологических измерений (1 – главное русло, 2 – Буковская, 3 – Трофимовская, 4 – Туматская, 5 – Булкурская, 6 – Оленекская, 7 – Оленекская, Чай-Тумус, 8 – Оленекская, Гусинка)

По гидрологическим характеристикам для Лены характерен восточносибирский тип водного режима (высокое весеннее половодье, летне-осенние паводки и низкая зимняя межень). В многоводные периоды сток зимней межени (январь – апрель, ноябрь – декабрь) превышает средние показатели на 20–30%. Сток наиболее многоводного месяца года (июня) при этом возрастает всего на 2–3% [3].

1.2. Сбор и обработка материала. Материалом для настоящей работы послужили замеры основных гидрологических параметров и пробы сетного зоопланктона, собранные на протоках реки Лены в августе 2013 г. в рамках российско-германской экспедиции «Лена-2013» на базе Международной научно-исследовательской станции «Остров Самойловский».

Гидрологические измерения на выбранных гидрометрических створах осуществлялись в соответствии со стандартными методиками, принятыми для измерения расходов воды на постах и станциях гидрометсети [10]. Обзор и подробное описание используемых методов приведены в [11]. Для измерения скоростей течения использовалась гидрометрическая вертушка ИСП-1М и многопараметрический зонд фирмы FSI, показания по которым были сопоставлены и показали хорошую сходимость значений. Для измерения глубин на профиле использовался карплоттер Garmin GPSMap 421s. Отбор проб воды на мутность осуществлялся

вакуумным батометром ГР-61М, затем эти пробы фильтровались с применением прибора Куприна. Промеры глубин, измерения скоростей течения и отбор проб воды на мутность выполнялись с судна или моторной лодки.

Отбор и обработка проб зоопланктона проводились в соответствии со стандартными методиками [12]. Количественные пробы зоопланктона отбирались процеживанием 100 л воды через малую сеть Апштейна (размер ячеек 100 мкм) с последующей фиксацией 4%-ным раствором формалина. Камеральная обработка проб зоопланктона включала определение видового состава зоопланктона, численности и биомассы. Пробы зоопланктона просматривались под микроскопом Axiostar plus (фирма Carl Zeiss, Германия), встреченные организмы идентифицировали до вида по специализированным определителям [13–20] и измеряли для последующей реконструкции индивидуальных весов и определения биомассы.

Для анализа структуры зоопланктона проток использовали индекс видового разнообразия Шеннона (H) [21], который рассчитывали по численности (H_N) организмов зоопланктона, индекс выравненности экологических групп Пиелу [22]. Оценка сапробности проводилась с использованием метода индикаторных организмов Пантле и Букка в модификации Сладечека [23] и по методике Зелинки – Марвана [24]. Для определения трофического статуса водоемов использовали классификации трофности С.П. Китаева [25].

2. Результаты и их обсуждение

Условия окружающей среды для гидробионтов, населяющих пресноводные экосистемы Арктики, экстремальны: короткий вегетационный период (большую часть года водоемы покрыты льдом), низкие температуры, высокие уровни ультрафиолетовой радиации, часто незначительное содержание биогенных элементов [26, 27]. Суровые климатические условия определяют специфические черты полярных биоценозов: бедность видового состава, отчетливо выраженный колебательный режим производства органического вещества [7]. Низкая продуктивность водоемов и упрощенная видовая структура обуславливают формирование коротких пищевых цепей с доминированием одного или нескольких видов гидробионтов [28, 29].

Кроме того, водотоки в целом и протоки дельты р. Лены в частности являются менее благоприятными экосистемами для развития зоопланктонных сообществ, чем водоемы с замедленным водообменом, в силу их нестабильного гидрологического режима, высокой скорости течения и отсутствия заросших литоральных зон.

В формировании гидрологического режима каждой из основных протоков дельты р. Лены имеются свои характерные особенности. Исследования состава зоопланктонных сообществ проводились на крупных протоках на расстоянии не более 60 км от вершины дельты, где протоки характеризуются явно выраженным речным режимом. По данным В.В. Иванова [30], гидрологический режим протоков искажается под влиянием подпора речных вод морскими. Граница зоны подпора может фиксироваться на расстоянии 60–100 км от вершины проток.

Режим скоростей течения воды проток дельты р. Лены функционально связан с расходом воды, морфологией русла и гидрологическими условиями потока. Средние скорости течения в протоках значительно варьировали. Главное русло

Табл. 1

Гидрологические характеристики основных протоков дельты р. Лены в августе 2013 г.

Название протоки	Средняя скорость, м/с	Расход воды, м ³ /с	Расход наносов, кг/с	Средняя мутность, кг/м ³	Температура воды, °С
Главное русло	1.316	47803	–	0.044	15.28
Быковская	0.861	7634	627	0.082	15.31
Трофимовская	0.851	27124	1929	0.053	15.31
Туматская	0.543	3920	161	0.022	14.47
Оленекская, Чай-Тумус	0.415	3242	127	0.014	15.22
Оленекская, Гусинка	1.028	6071	286	0.048	15.13

р. Лены характеризуется максимальными скоростями течения в сравнении со скоростями течения в рукавах дельты. Это объясняется падением уклона водной поверхности при впадении реки в устьевых областях, что и является одной из основных причин формирования русловых разветвлений. В результате этого в протоках дельты наблюдаются более низкие скорости течения. Таким образом, средняя скорость течения в главном русле Лены в 2013 г. составила 1.316 м/с, а уже на Трофимовской протоке – 0.851 м/с (табл. 1). По данным [7], средние скорости течения Трофимовской протоки на спаде половодья и в период летней межени существенно уменьшаются по ее длине от 1.40–1.70 м/с (средней скорости в вершине протоки) до 0.30–0.65 м/с ближе к устью. Максимальная скорость наблюдается на пике половодья и составляет 2.15 м/с [7, 8].

В Оленекской и Туматской протоках скорости течения в период наблюдений составили 0.415–1.028 и 0.543 м/с соответственно (табл. 1). Максимальные скорости на протоках наблюдаются также в период половодья и могут достигать > 2 м/с. В период зимней межени наблюдается падение скоростей течения до 0.02 м/с. Скорости также значительно варьируют по длине Туматской протоки, снижаясь к устью. По длине Оленекской протоки значения скорости течения изменяются незакономерно, что связано с морфологическими особенностями отдельных участков протоки [7, 8]. Характерными гидрологическими особенностями Булкурской протоки являются низкие значения расходов воды и низкие скорости течения по сравнению с остальными крупными протоками, а иногда и полное отсутствие стока в период летней межени (середина июля – август). Минимальные скорости течения в 2013 г. среди всех исследованных протоков были также отмечены для Булкурской протоки и составили 0.267 м/с.

Твердый сток р. Лены и ее дельты формируется под воздействием эрозионной деятельности, которая включает в себя значительное количество водосборной территории и русловых процессов. Значительное количество наносов поступает в воды в результате эрозионной деятельности талых вод и речного льда во время ледохода. Часть твердого стока формируется от грунтового материала, выедающего в воды района при таянии льда, а также при эоловом (ветровом) перемешивании песков.

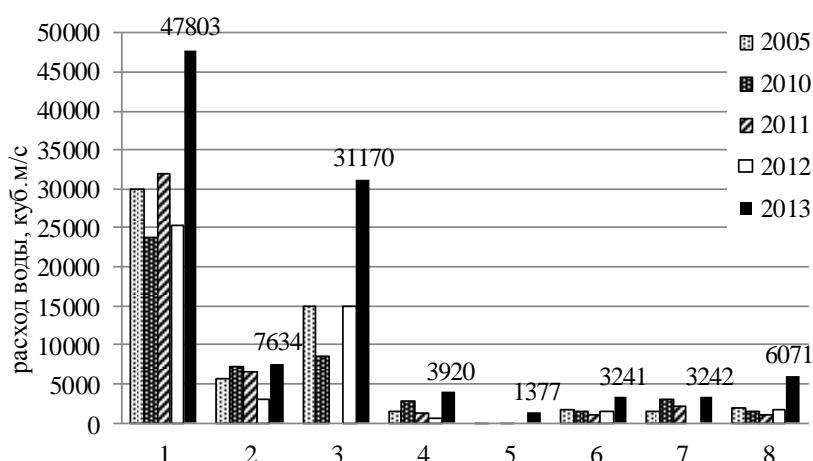


Рис. 2. Многолетняя динамика расхода воды на протоках дельты Лены в августе

Мутность воды проток в меженный период 2013 г. колебалась от 22 г/м³ (Туматская протока) до 82 г/м³ (Быковская протока) (табл. 1). По данным [7, 8], мутность воды в протоках дельты в период летней межени составляет 15–30 г/м³, повышаясь в период весеннего половодья до 50–70 г/м³ и не превышая 10 г/м³ в зимний период. В 2013 г. зафиксированы достаточно высокие значения мутности воды (60 г/м³), что, вероятно, связано с поступлением большого количества взвешенных наносов напрямую из главного русла Лены, так как Булкурская протока является первым русловым разветвлением дельты.

Распределение стока воды и стока наносов по основным протокам дельты в 2013 г. повторяет закономерности распределения стока, выявленные в результате предыдущих исследований [8, 9]. Наибольший процент стока воды в августе 2013 г., учитывая, что за 100% был взят сток воды в главном русле, пришелся на Трофимовскую протоку (57%). На Быковскую, Оленекскую, Туматскую и Булкурскую протоки приходилось 16%, 7%, 8% и 3% стока соответственно. Величины измеренных расходов в августе 2013 г. позволяют говорить о высокой водности года. Полученные значения расходов превышают значения расходов, измеренных в предыдущие годы (рис. 2) [31]. По нашим данным, в августе 2013 г. максимальный расход наносов среди проток дельты был зафиксирован также в Трофимовской протоке и составил в 1929 кг/с. Расходы воды и наносов Булкурской протоки в межень при измерениях были незначительными.

В составе зоопланктона проток р. Лены обнаружено 34 таксона зоопланктонных организмов. Максимальное видовое разнообразие отмечено в группе Rotifera – 17 видов из 14 родов, 10 семейств (48.7% от общего числа видов), несколько ниже видовое разнообразие среди ракообразных: обнаружено 9 видов, относящихся к 7 родам, 5 семействам ветвистоусых раков (27.0%), и 8 видов веслоногих раков из 8 родов и 3 семейств (24.3% видового разнообразия). По частоте встречаемости также доминировали коловратки, например, *Kellicottia longispina* (Kellicot, 1987) была встречена в 85.7% исследованных проб, частота встречаемости другой коловратки *Keratella cochlearis* (Gosse, 1851) составила 71.4%. Наряду с коловратками встречались также младшие возрастные стадии веслоногих ракообразных (52.4% по частоте встречаемости).

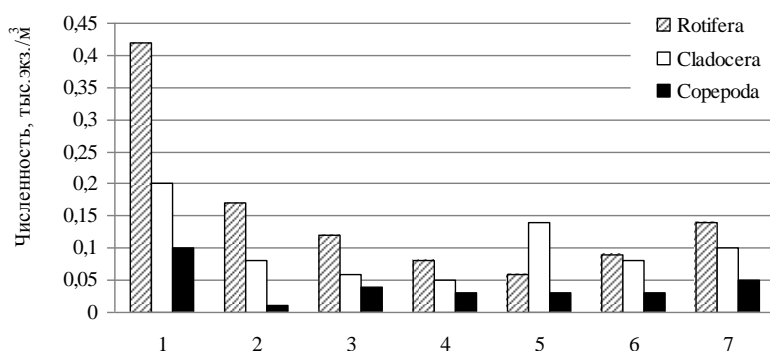


Рис. 3. Численность зоопланктона основных проток р. Лены. Цифрами обозначены протоки: 1 – Булкурская, 2 – Быковская, 3 – Трофимовская, 4 – главное русло, 5 – Оленекская, 6 – Оленекская, Чай-Тумус, 7 – Туматская

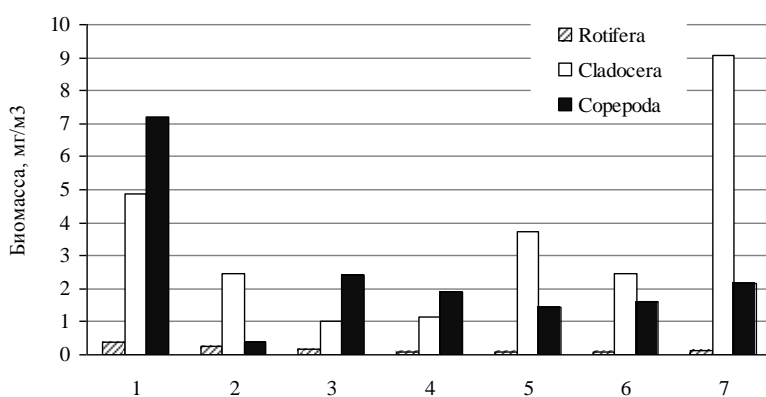


Рис. 4. Биомасса зоопланктона основных проток р. Лены. Цифрами обозначены протоки: 1 – Булкурская, 2 – Быковская, 3 – Трофимовская, 4 – главное русло, 5 – Оленекская, 6 – Оленекская, Чай-Тумус, 7 – Туматская

Биомасса зоопланктона проток в среднем составила $2,25 \pm 0,4$ мг/м³, изменяясь от 0,61 мг/м³ (главное русло) до 7,81 мг/м³ (Булкурская протока) (рис. 4). Основную биомассу составили представители группы Cladocera ($1,18 \pm 0,26$ мг/м³), на долю веслоногих ракообразных и коловраток приходится $1,01 \pm 0,27$ мг/м³ и $0,06 \pm 0,011$ мг/м³ соответственно. Наибольший вклад в биомассу вносили *Bosmina (Eubosmina) longispina* Leydig, 1860 ($0,92 \pm 0,11$ мг/м³) из ветвистоусых ракообразных и *Mesocyclops leuckarti* (Claus, 1857) из веслоногих.

По показателям численности и биомассы зоопланктона выделялись Булкурская протока, где зафиксированы наибольшие показатели зоопланктона и главное русло с минимальными показателями численности и биомассы. Сопоставив гидробиологические показатели с гидрологическими параметрами проток, находим вполне закономерное воздействие абиотических, в данном случае гидрологических, параметров на структурно-функциональные особенности зоопланктонных сообществ. Максимальные количественные характеристики развития зоопланктона отмечены в Булкурской протоке ($7,806$ мг/м³), по гидрологическим показателям отличающейся минимальной скоростью течения в период исследований ($0,267$ м/с) (рис. 5), и минимальным из всех проток расходом взвешенных наносов ($82,1$ кг/с).

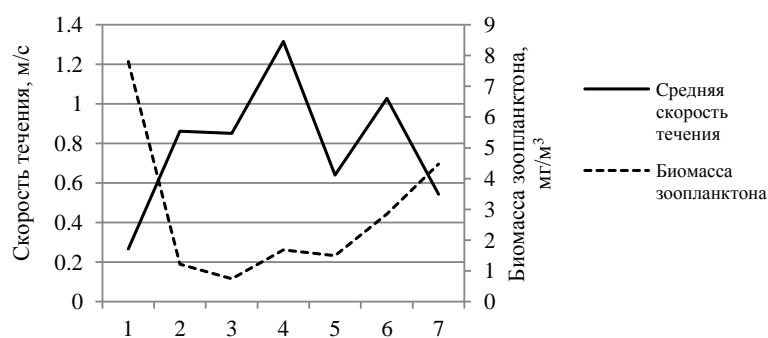


Рис. 5. Соотношение гидрологических и гидробиологических характеристик проток дельты р. Лены. Цифрами обозначены протоки: 1 – Булкурская, 2 – Быковская, 3 – Трофимовская, 4 – главное русло, 5 – Оленекская, 6 – Оленекская, Гусинка, 7 – Туматская

Минимальные показатели численности зоопланктона отмечались в главном русле р. Лены ($0,040$ тыс. экз./м³) при доминировании коловратки *K. longispina* так же, как в исследованиях прошлых лет [32, 33].

Высокие скорости течения в местах впадения или истока рек препятствуют развитию лимнического, озерного, зоопланктона [34]. По данным О.П. Дубовской [35], критическая для развития лимнического зоопланктона скорость течения составляет $0,25$ м/с, благоприятная – $0,12$ – $0,18$ м/с. Средняя доля мертвого рачкового зоопланктона в реке со скоростью течения 2 – 6 м/с, в зоне выклинивания подпора и в верховье водохранилища составляет 40 – 96% от общей численности рачков, ошибочно учитываемых как живых в стандартных фиксированных пробах. На протоках р. Лены средние скорости течений превышали допустимый порог для озерного планктона, что приводило к выпадению из состава зоопланктона лимнофильных видов, видов тонких фильтраторов и доминированию коловраток и младших возрастных стадий копепод.

Для оценки качества вод нами были подсчитаны индексы сапробности Пантле – Букка в модификации Сладечека [23] и индекс видового разнообразия Шеннона [21]. Так, согласно значениям индекса видового разнообразия, рассчитанного по численности зоопланктона, протоки р. Лены относятся к умеренно-загрязненным водотокам ($H = 2,87 \pm 0,1$ бит./экз.). Максимальное значение отмечено в Оленекской протоке ($H = 3,5$ бит./экз.). По индексу сапробности качество воды в изученных протоках оценивается как переходное от чистого, олигосапробного ($S = 1,73$, Быковская протока) до умеренно-загрязненного, β -мезосапробного ($S = 1,44$, Булкурская протока), в среднем S составляет $1,52 \pm 0,03$. Оценка качества вод с применением другого индекса сапробности (по Зелинке и Марвану [24]) дала сходные результаты. Воды проток дельты реки Лены оцениваются как олигосапробными с отклонением в β -мезосапробную зону или β -мезосапробные с отклонением в олигосапробную зону.

Если оценивать уровень трофности проток дельты р. Лены, то по индексу Китаева [25], рассчитанному по биомассе зоопланктонных организмов, все исследованные протоки оказались олиготрофными $< 0,002$ г/м³. Был также рассчитан индекс эквивалентности (Пиелю) [22], отражающий распределение по видам, среднее значение которого составило $0,42 \pm 0,03$, что указывает на относительно низкую выравненность зоопланктонных сообществ проток реки.

Заключение

В исследованных протоках р. Лены складываются неблагоприятные условия для развития зоопланктона как по причине экстремальности высокоширотных арктических водоемов и водотоков, так и из-за нестабильности гидрологических характеристик проток дельты р. Лены, что приводит к невысокому видовому разнообразию, упрощенной структуре и низким показателям количественных характеристик зоопланктона.

Дельтовая область р. Лены характеризуется специфичностью гидробиологических и гидрологических условий по сравнению с самой рекой. В целом неблагоприятные гидрологические условия для развития зоопланктонных сообществ в дельте оказались более благоприятными, чем в реке до образования дельты, что подтверждается более высокими значениями численности зоопланктона и его биомассы, зафиксированными в протоках дельты. Это связано с изменениями в гидродинамических условиях проток и снижением скоростей течения в результате разветвления главного русла реки на рукава.

Таким образом, была показана связь гидробиологических характеристик с абиотическими условиями среды и дана современная характеристика гидролого-гидробиологическим особенностям дельтовой области р. Лены.

Авторы выражают сердечную благодарность всем участникам арктической российско-германской экспедиции «Лена-2013», а также авторский коллектив благодарен анонимным рецензентам статьи за ценные замечания и рекомендации.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проекты 15-05-04442 А и 14-35-50947 мол_нр, 14-05-00787 А).

Литература

1. *Алекин О.А.* Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 413 с.
2. *Антонов В.С.* Устьевая область Лены: Гидрологический очерк. – Л.: Гидрометеиздат, 1967. – 106 с.
3. *Алексеевский Н.И., Айбулатов Д.Н., Куксина Л.В., Четверова А.А.* Структура водотоков в дельте Лены и ее влияние на процессы трансформации речного стока // География и природные ресурсы. – 2014. – № 1. – С. 91–99.
4. *Вишнякова И.И., Абрамова Е.Н.* Организация зоопланктонных сообществ полигональных озер южной части дельты р. Лены // Система моря Лаптевых и прилегающих морей Арктики: современное состояние и история развития. – М., 2009. – С. 265–277.
5. *Вишнякова И.И.* Зоопланктон различных водоемов южной части дельты р. Лена // Тез. докл. IV Междунар. конф. «Современные проблемы гидроэкологии». – СПб., 2010. – С. 11–12.
6. *Артамонов М.Г.* Погода, климат // Летопись природы. – 1992. – Кн. 4. – С. 120–125.
7. *Гуков А.Ю.* Гидробиология устьевой области реки Лены. – М.: Науч. мир, 2001. – 288 с.
8. *Федорова И.В., Большинов Д.Ю., Макаров А.С.* и др. Современное гидрологическое состояние дельты р. Лены // Система моря Лаптевых и прилегающих морей Арктики: современное состояние и история развития. – М., 2009. – С. 278.
9. *Иванов В.В., Пискун А.А., Корабель Р.А.* Распределение стока по основным рукавам дельты Лены // Труды ордена Ленина Арктического науч.-исслед. ин-та. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – Т. 378. – С. 59–71.

10. Наставления гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 2. Ч. II. Гидрологические наблюдения на постах. – Л.: Госкомгидромет, 1990. – 361 с.
11. *Fedorova I., Chetverova A., Bolshiyarov D., Makarov A., Boike J., Heim B., Morgens-tern A., Overduin P., Wegner C., Kashina V., Eulenburg A., Dobrotina E., Sidorina I.* Lena delta hydrology and geochemistry // *Biogeosciences Discuss.* – 2013. – V. 10, No 12. – P. 20179–20237.
12. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресных водоемах. Зоопланктон и его продукция. – Л.: Изд-во ГосНИОРХ, 1982. – 33 с.
13. *Кутикова Л.А.* Коловратки фауны СССР. – Л.: Наука, 1970. – 745 с.
14. *Мануйлова Е.Ф.* Ветвистоусые рачки (Cladocera) фауны СССР. – Л.: Наука, 1964. – 328 с.
15. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Ракообразные. – СПб.: ЗИН РАН, 1995. – Т. 2. – 628 с.
16. *Рылов В.М.* Cyclozoidea пресных вод. Фауна СССР (Ракообразные). – Л.: Изд-во АН СССР, 1948. – Т. 3., Вып. 3. – 320 с.
17. *Flössner D.* Die Naplopoda und Cladocera (ohne Bosminidae) Mitteleuropas. – Leiden: Backhuys Publ., 2000. – 428 p.
18. *Смирнов Н.Н.* Chydoridae фауны мира. Фауна СССР. Ракообразные. – Л.: Наука, 1971. – Т. 1, Вып. 2. – 531 с.
19. *Alonso M.* Crustacea Branchiopoda Fauna Iberica. – Madrid: Museo Nacional de Ciencias Naturales CSIC, 1996. – V. 7. – 486 p.
20. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т. 1. Зоопланктон / Под ред. В.Р. Алексеева, С.Я. Цалолихина. – М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2010. – 495 с.
21. *Shannon C.E., Weaver W.* The mathematical theory of communication. – Urbana: Univ. Illinois Press, 1963. – 117 p.
22. *Pielou E.C.* The measurement of diversity in different types of biological collections // *J. Theor. Biol.* – 1966. – V. 13. – P. 131–144.
23. *Sládeček V.* System of water quality from the biological point of view // *Arch. Hydrobiol. Suppl. Ergebnisse der Limnologie.* – 1973. – Bd. 7 – 218 S.
24. *Zelinka M.* Zur Präzisierung der biologischen Klassifikation der Reinheit fließender Gewässer // *Arch. Hydrobiol.* – 1961. – Bd. 57, H. 3. – S. 71–81.
25. *Кумаев С.П.* Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. – 395 с.
26. *Kienast F., Wetterich S., Kuzmina S., Schirrmeister L., Andrev A.A., Tarasov P., Nazarova L., Kossler A., Frolova L., Kunitsky V.V.* Paleontological records indicate the occurrence of open woodlands in a dry inland climate at the present-day Arctic coast in western Beringia during the Last Interglacial // *Quat. Sci. Rev.* – 2011. – V. 30, No 17. – P. 2134–2159. – doi: 10.1016/j.quascirev.2010.11.024.
27. *Rautio M.* Community structure of crustacean zooplankton in subarctic ponds – effects of altitude and physical heterogeneity // *Ecography.* – 1998. – V. 21, No 3. – P. 327–335.
28. *Carter J.C.H., Dadswell M.J., Rolf J.C., Sprules W.G.* Distribution and zoogeography of planktonic crustaceans and dipterans in glaciated eastern North America // *Can. J. Zool.* – 1980. – V. 58, No 7. – P. 1355–1387.
29. *Hansson L.-A., Lindell M., Tranvik L.J.* Biomass distribution among trophic levels in lakes lacking vertebrate predators // *Oikos.* – 1993. – V. 66, No 1. – P. 101–106.

30. *Иванов В.В., Пискун А.А., Корабель Р.А.* Распределение стока по основным рукавам дельты Лены // Труды ААНИИ. – 1983. – Т. 378. – С. 59–71.
31. *Boike J., Kattenstroth B., Abramova K., Bornemann N., Chetverova A., Fedorova I., Fröb K., Grigoriev M., Grüber M., Kutzbach L., Langer M., Minke M., Muster S., Piel K., Pfeiffer E.M., Stoof G., Westermann S., Wischnewski K., Wille C., Hubberten H.W.* Base-line characteristics of climate, permafrost, and land cover from a new permafrost observatory in the Lena River Delta, Siberia (1998–2011) // *Biogeosciences*. – 2013. – V. 10, No 3. – P. 2105–2128. – doi:10.5194/bg-10-2105-2013.
32. *Абрамова Е.Н., Гуков А.Ю.* О гидробиологическом режиме устья р. Лены // Проблемы охраны окружающей среды Севера: Тез. докл. Всесоюз. конф. – Мурманск, 1990. – С. 43–44.
33. *Собакина И.Г., Соколова В.А., Соломонов Н.М.* Современный состав зоопланктона дельты реки Лена в осенний период // Изв. Самар. науч. центра РАН. – 2009. – Т. 11, № 1–3. – С. 347–349.
34. *Бенинг А.Л.* О планктоне р. Лены // Изв. биол.-геогр. НИИ при Вост.-Сиб. гос. ун-те им. А.А. Жданова. – Иркутск, 1942. – Т. 9, Вып. 3–4. – С. 217–230.
35. *Дубовская О.П.* Не связанная с хищниками смертность планктонных ракообразных, ее возможные причины (обзор литературы) // Журн. общ. биол. – 2009. – Т. 70, № 2. – С. 168–192.

Поступила в редакцию
05.10.15

Нигаматзянова Гульнара Ришатовна – младший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории «Палеоклиматологии, палеоэкологии и палеомагнетизма», Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия.

E-mail: Gulnaraniga@mail.ru

Фролова Лариса Александровна – кандидат биологических наук, доцент кафедры зоологии и общей биологии, Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия.

E-mail: Larissa.Frolova@kpfu.ru

Четверова Антонина Алексеевна – ассистент кафедры гидрологии суши, Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия.

E-mail: a.chetverova@gmail.com

Федорова Ирина Викторовна – кандидат географических наук, доцент кафедры гидрологии суши, Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия.

E-mail: ifedorova@otto.nw.ru

* * *

HYDROBIOLOGICAL INVESTIGATION OF CHANNELS IN THE MOUTH REGION OF THE LENA RIVER

G.R. Nigamatzyanova, L.A. Frolova, A.A. Chetverova, I.V. Fedorova

Abstract

The current taxonomic composition, structure, and quantitative characteristics of zooplankton in channels of the mouth region of the Lena River were considered. The community of summer zooplankton in the Lena channels included 34 zooplanktonic species belonging to 18 families and 29 genera. Rotifers, as the most diverse and abundant group, provided a basis for the species diversity. It was found that the zooplanktonic community of the Lena channels is characterized by the low values of species diversity and quantitative characteristics.

Keywords: hydrology, hydrobiology, zooplankton, Lena River, delta, channels.

References

1. Alekin O.A. Fundamentals of Hydrochemistry. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1970. 413 p. (In Russian)
2. Antonov V.S. The Mouth Region of the Lena River: Hydrological Assay. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1967. 106 p. (In Russian)
3. Alekseevskii N.I., Aibulatov D.N., Kuksina L.V., Chetverova A.A. The structure of streams in the Lena delta and its influence on streamflow transformation processes. *Geogr. Nat. Resour.*, 2014, vol. 35, no. 1, pp. 63–70.
4. Vishnyakova I.I., Abramova E.N. The organization of zooplanktonic communities in the polygonal lakes of the southern part of the Lena delta. *Sistema morya Laptevykh i prilegayushchikh morei Arktiki: sovremennoe sostoyanie i istoriya razvitiya* [The System of the Laptev Sea and Adjacent Arctic Seas: Modern State and Development History]. Moscow, 2009, pp. 265–277. (In Russian)
5. Vishnyakova I.I. Zooplankton of various water bodies in the southern part of the Lena delta. *Tez. dokl. IV mezhdunarodnoi konf. "Sovremennye problemy gidroekologii"* [Proc. IV Int. Conf. "Current Problems of Hydroecology"]. St. Petersburg, 2010, pp.11–12. (In Russian)
6. Artamonov M.G. Weather, climate. *Letopis' prirody* [Nature Records]. Vol. 4, 1992, pp. 120–125. (In Russian)
7. Gukov A.Yu. Hydrobiology of the Mouth Region of the Lena River. Moscow, Nauchn. mir, 2001. 288 p. (In Russian)
8. Fedorova I V., Bol'shiyanov D.Yu., Makarov A.S. et al. The current hydrological state of the Lena delta. *Sistema morya Laptevykh i prilegayushchikh morei Arktiki: sovremennoe sostoyanie i istoriya razvitiya* [The System of the Laptev Sea and Adjacent Arctic Seas: Modern State and Development History]. Moscow, 2009. p. 278. (In Russian)
9. Ivanov V.V., Piskun A.A., Korabel' R.A. Streamflow distribution along the main arms of the Lena delta. *Trudy ordena Lenina Arkticheskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta* [Materials of the Order of Lenin of the Arctic Research Institute]. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1983, vol. 378, pp. 59–71. (In Russian)
10. Guidelines for Hydrometeorological Stations. Vol. 2. Pt. II. Hydrometeorological Observations at Checkpoints. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1990. 361 p. (In Russian)
11. Fedorova I. Chetverova A., Bolshiyarov D., Makarov A., Boike J., Heim B., Morgenstern A., Overduin P., Wegner C., Kashina V., Eulenburg A., Dobrotina E., Sidorina I. Lena delta hydrology and geochemistry. *Biogeosci. Discuss.*, 2013, vol. 10, no. 12, pp. 20179–20237.
12. Methodological Recommendations on Collection and Processing of Materials during Hydrobiological Investigations of Fresh Water Bodies. Zooplankton and Its Production. Leningrad, Izd. GosNIORKh, 1982. 33 p. (In Russian)
13. Kutikova L.A. Rotifer Fauna of the USSR. Leningrad, Izd. Nauka, 1970. 745 p. (In Russian)
14. Manuilova E.F. Cladocerans (Cladocera) of the USSR Fauna. Leningrad, Izd. Nauka, 1964. 328 p. (In Russian)
15. Identification Guide to Freshwater Invertebrates of Russia and Adjacent Territories. Crustaceans. Vol. 2. St. Petersburg, ZIN Ross. Akad. Nauk, 1995, 628 p. (In Russian)
16. Rylov V.M. Freshwater Cyclopoida. Fauna of the USSR (Crustaceans). Vol. 3. Pt. 3. Leningrad, Izd. Akad. Nauk SSSR, 1948. 320 p. (In Russian)
17. Flössner D. Die Haplopoda und Cladocera (ohne Bosminidae) Mitteleuropas. Leiden, Backhuys Publ., 2000. 428 p.
18. Smirnov N.N. Chydoridae of the World Fauna. Fauna of the USSR. Crustaceans. Vol. 1. Pt. 2. Leningrad, Nauka, 1971. 531 p. (In Russian)
19. Alonso M. Crustacea Branchiopoda Fauna Iberica. Vol. 7. Madrid, Museo Nacional de Ciencias Naturales CSIC, 1996. 486 p.
20. Alekseeva V.R., Tsalolikhina S.Ya. (Eds.) Identification Guide to Freshwater Zooplankton and Zoobenthos of the European Part of Russia. Vol. 1. Zooplankton. Moscow, Tovar. Nauch. Izd. KMK, 2010. 495 p. (In Russian)
21. Shannon C.E., Weaver W. The Mathematical Theory of Communication. Urbana, Univ. Illinois Press, 1963. 117 p.

22. Pielou E.C. The measurement of diversity in different types of biological collections. *J. Theor. Biol.*, 1966, vol. 13, pp. 131–144.
23. Sládeček V. System of water quality from the biological point of view. *Arch. Hydrobiol. Suppl. Ergebnisse der Limnologie*, 1973, Bd. 7. 218 S.
24. Zelinka M. Zur Präzisierung der biologischen Klassifikation der Reinheit fließender Gewässer. *Arch. Hydrobiol.*, 1961, Bd. 57, H. 3, S. 71–81.
25. Kitaev S.P. Fundamentals of Limnology for Hydrobiologists and Ichthyologists. Petrozavodsk, Karelskii Nauchn. Tsentr Ross. Akad. Nauk, 2007. 395 p. (In Russian)
26. Kienast F., Wetterich S., Kuzmina S., Schirmer L., Andrev A.A., Tarasov P., Nazarova L., Kossler A., Frolova L., Kunitsky V.V. Paleontological records indicate the occurrence of open woodlands in a dry inland climate at the present-day Arctic coast in western Beringia during the Last Interglacial. *Quat. Sci. Rev.*, 2011, vol. 30, no. 17, pp. 2134–2159. doi: 10.1016/j.quascirev.2010.11.024.
27. Rautio M. Community structure of crustacean zooplankton in subarctic ponds – effects of altitude and physical heterogeneity. *Ecography*, 1998, vol. 21, no. 3, pp. 327–335.
28. Carter J.C.H., Dadswell M.J., Rolf J.C., Sprules W.G. Distribution and zoogeography of planktonic crustaceans and dipterans in glaciated eastern North America. *Can. J. Zool.*, 1980, vol. 58, no. 7, pp. 1355–1387.
29. Hansson L.-A., Lindell M., Tranvik L.J. Biomass distribution among trophic levels in lakes lacking vertebrate predators. *Oikos*, 1993, vol. 66, no. 1, pp. 101–106.
30. Ivanov V.V., Piskun A.A., Korabel' R.A. Streamflow distribution along the main arms of the Lena delta. *Tr. AANII*, 1983, vol. 378, pp. 59–71. (In Russian)
31. Boike J., Kattenstroth B., Abramova K., Bornemann N., Chetverova A., Fedorova I., Fröb K., Grigoriev M., Grüber M., Kutzbach L., Langer M., Minke M., Muster S., Piel K., Pfeiffer E.M., Stoof G., Westermann S., Wischnewski K., Wille C., Hubberten H.W. Baseline characteristics of climate, permafrost, and land cover from a new permafrost observatory in the Lena River Delta, Siberia (1998–2011). *Biogeosciences*, 2013, vol. 10, no. 3, pp. 2105–2128. doi: 10.5194/bg-10-2105-2013.
32. Abramova E.N., Gukov A.Yu. On the hydrobiological regime in the mouth of the Lena River. *Problemy okhrany okruzhayushchei sredy Severa: Tez. dokl. Vses. konf.* [Problems of Environmental Conservation in the North: Proc. All-Union Conf.]. Murmansk, 1990, pp. 43–44. (In Russian)
33. Sobakina I.G., Sokolova V.A., Solomonov N.M. Modern structure of zooplankton in the delta of the Lena River during the autumn period. *Izv. Samar. Nauchn. Tsentra Ross. Akad. Nauk.*, 2009, vol. 11, nos. 1–3, pp. 347–349. (In Russian)
34. Bening A.L. On plankton in the Lena River. *Izv. Biol.–Geogr. NII pri Vost.-Sib. Gos. Univ. im. A.A. Zhdanova*, Irkutsk, 1942, vol. 9, nos. 3–4, pp. 217–230. (In Russian)
35. Dubovskaya O. P. Non-predatory mortality indices of planktonic crustaceans, its possible reasons (literature review). *Zh. Obshch. Biol.*, 2009, vol. 70, no. 2, pp. 168–192. (In Russian)

Received
October 5, 2015

Nigamatzyanova Gul'nara Rishatovna – Junior Researcher Fellow, Research Laboratory “Paleoclimatology, Paleoecology, and Paleomagnetism”, Kazan Federal University, Kazan, Russia.

E-mail: Gulnaraniga@mail.ru

Frolova Larisa Aleksandrovna – PhD in Biology, Associate Professor, Department of Zoology and General Biology, Kazan Federal University, Kazan, Russia.

E-mail: Larissa.Frolova@kpfu.ru

Chetverova Antonina Alekseevna – Assistant Lecturer, Department of Land Hydrology, Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia.

E-mail: a.chetverova@gmail.com

Fedorova Irina Viktorovna – PhD in Geography, Associate Professor, Department of Land Hydrology, Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia.

E-mail: ifedorova@otto.nw.ru