

УДК 574.5

ЛОКАЛЬНЫЕ ФАУНИСТИЧЕСКИЕ АССОЦИАЦИИ ВЕТВИСТОУСЫХ РАКООБРАЗНЫХ (Crustacea: Cladocera) ВОДОЕМОВ ЛЕВОБЕРЕЖЬЯ р. ЛЕНА (ЯКУТИЯ, РОССИЯ)

© 2023 г. Л. В. Андреева^а, *, Д. Г. Селезнев^б, ^с, П. Г. Гарибян^б, А. А. Котов^б

^аИнститут биологических проблем криолитозоны Сибирского отделения Российской академии наук, Якутск, Россия

^бИнститут проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова Российской академии наук, Москва, Россия

^сИнститут биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина Российской академии наук,
пос. Борок, Некоузский р-н, Ярославская обл., Россия

*e-mail: au_196@mail.ru

Поступила в редакцию 27.01.2023 г.

После доработки 27.03.2023 г.

Принята к публикации 03.04.2023 г.

Исследован видовой состав ветвистоусых ракообразных (Crustacea: Cladocera) водоемов левого берега р. Лена в районе г. Якутск и его окрестностей. Выявлены локальные фаунистические ассоциации, характерные для данного региона, при этом был использован статистический подход, основанный на функции биномиального распределения. В результате исследования было зарегистрировано 68 таксонов и выделено 8 четко обособленных групп таксонов, составляющих ядра локальных фаунистических ассоциаций ветвистоусых ракообразных в различных водоемах и/или различных биотопах внутри одного водоема. Показано, что водоемы долины р. Лена и плакора различаются и по видовому составу, и по ассоциациям ветвистоусых ракообразных. Как минимум одна видовая ассоциация Cladocera приурочена к прудам с заметным антропогенным влиянием. Таким образом, удалось выявить не только виды, характерные для городских водоемов, но и локальные фаунистические ассоциации, наличие которых в городе свидетельствует о значительной антропогенной нагрузке. Выделенные кластеры могут быть интерпретированы с точки зрения приуроченностей отдельных видов к водоемам разных типов и разным экологическим зонам одного водоема.

Ключевые слова: Cladocera, ассоциация, антропогенные факторы, река Лена, Республика Якутия

DOI: 10.31857/S0320965223050029, **EDN:** JDVBWM

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время появляется все больше исследований биотических взаимодействий в пресноводных сообществах в рамках макроэкологического подхода, объединяющего “количественные методы и модели, позволяющие выделить частные или универсальные закономерности сосуществования сообществ” (Шитиков и др., 2010). Однако учесть представителей всех многочисленных макротаксонов водных организмов, как минимум, крайне затруднительно. Полную инвентаризацию видового состава сообществ проводят, например, в рамках работ по изучению ДНК окружающей среды (Adamowicz et al., 2016; Lim et al., 2016). Однако эти технологии крайне слабо применяются в гидробиологических исследованиях. Более того, применение понятия “сообщество” весьма дискуссионно и связано с большой неопределенностью (Жирков, 2017).

Упрощенным подходом к идентификации сообществ может стать выявление пулов взаимно

приуроченных (=ассоциированных) видов, следуя определению “ассоциации” Жиркова (2017) как “элементарной (не допускающей дальнейшего деления) синэкологической единицы”. Но даже подобный подход, применяемый преимущественно геоботаниками, предполагает разнообразную (нестандартизованную) методологию (Розенберг и др., 1999). Первым шагом в направлении идентификации сообществ можно рассматривать выявление локальных фаунистических ассоциаций, в простейшем случае представляющих группировки совместно встреченных в данном районе видов вне зависимости от их численностей в отдельных локалитетах, основанное на анализе списков видов из разных локалитетов. Для этого используют такие методы анализа, как корреляционный анализ, дисперсионный текст Шлюттера (Schlutter, 1984), различные метрики сходства/различия (например, индекс Брея–Кертисса (Bray, Curtis, 1957)) и специализированные

индексы (например, индекс С-заполнения (Stone, Roberts, 1990)).

Гидробионты считаются удобным объектом для подобных исследований, поскольку все их население на некоей территории, в отличие от сухопутных животных, разбито на заведомо дискретные единицы – население отдельных водоемов с возможными ассоциациями в каждом из них. Микроскопические ракообразные, в первую очередь Cladocera (Crustacea: Branchiopoda), – важное структурное и функциональное звено пресноводных экосистем, поэтому их часто используют в качестве индикаторной группы в мониторинге экологического состояния континентальных водоемов (Крючкова, 1973; Винберг и др., 1977; Николаев, 1981; Крылов и др., 2021; Подшивалина, 2021). Представляет интерес инвентаризация не только видов ветвистоусых ракообразных, но и их локальных фаунистических ассоциаций, характерных для различных водоемов, в том числе, затронутых и незатронутых человеческой деятельностью. Последние не так-то просто найти в Европейской России, где подавляющее большинство водных объектов уже трансформировано человеком в той или иной степени (Иванова, 1997; Reshetnyak, 2010; Шурганова и др., 2011). Однако мало затронутые человеческой деятельностью водоемы можно относительно легко выявить в Восточной Сибири с незначительной плотностью населения, где также имеются городские водоемы, явно подверженные значительной антропогенной трансформации.

К таковым регионам относится Центральная Якутия. Лишь малая толика водоемов Республики Саха (Якутия), обширнейшей территории Восточной Сибири, изучена относительно полно, особенно в части микроскопических ракообразных, к которым относятся ветвистоусые ракообразные (Пирожников, Шульга, 1957; Соколова, 1972, 1979; Собакина, Кириллов, 2007; Собакина и др., 2009; Abramova, Vishnyakova, 2012; Nigamatzyanova et al., 2016; Novichkova et al., 2020; Chertoprud, Novichkova, 2021). Среднее течение р. Лена и ее притоков исследовано относительно неплохо (Бенинг, 1942; Комаренко, 1956; Соколова, Собакина, 2003; Кириллов и др., 2009; Климовский и др., 2015), озера в этом районе также изучают довольно активно (Кондратьева, 2008; Собакина, 2000; Собакина, Соколова, 2012). По большей части, это касается пелагического зоопланктона, в то время как рачки литоральной зоны исследованы гораздо слабее (Коровчинский и др., 2021). Следует отметить, что за последние годы значительно изменилась систематика многих родов ветвистоусых ракообразных, поэтому очевидна необходимость обновления сведений об их таксономическом составе в Центральной Якутии, подобные исследования начаты в предыдущие годы (Климовский и др., 2015; Garibian et al., 2018). В настоящее время статус отдельных таксонов данного

региона проверяется генетическими методами (Garibian et al., 2020, 2021; Kotov et al., 2021). К настоящему времени видовой состав Cladocera Республики Саха изучают достаточно активно, однако не предпринимаются попытки выявить ассоциации ветвистоусых ракообразных, характерные для различных биотопов.

Цель работы – исследовать видовой состав ветвистоусых ракообразных (Crustacea: Cladocera) водоемов левого берега р. Лена в районе г. Якутск и его окрестностей (61.6°–63.5° с.ш., 128.8°–130° в.д.); выявить локальные фаунистические ассоциации, характерные для данного региона, используя статистический подход, основанный на функции биномиального распределения.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Основным материалом для исследования послужили пробы (всего 101) из водоемов городского округа г. Якутск (70 проб), а также Намского (28 проб) и Хангаласского (3 пробы) улусов (рис. 1), собранные в вегетационный период (с конца июня по начало сентября) с 1990 по 2021 гг. При исследовании каждого относительно крупного водоема (с максимальной длиной ≥ 100 м) проводили отбор качественных проб из прибрежной и центральной зон. В мелких водоемах (небольшие старицы, пруды, временные водоемы) отбирали одну интегральную пробу. Для лова использовали планктонные сети разнообразных конструкций с диаметром ячеи ≤ 50 мкм. Пробы фиксировали 96%-ным этиловым спиртом.

Ветвистоусых ракообразных, находящихся в пробах, определяли до вида, в сложных ситуациях – до группы видов, а в случае особо сложных в таксономическом отношении групп – до рода. По результатам разбора проб составляли список всех таксонов Cladocera, встреченных в каждой пробе, полученные списки видов вносились в специальную базу данных в формате Microsoft Access 2013. Весь собранный материал в настоящее время хранится в коллекции Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН.

Каждый вид относили к фаунистическому комплексу по схеме А.А. Котова: (Котов, 2016) с незначительными изменениями по: (Гарибян и др., 2020). Экологические предпочтения каждого таксона трактовали согласно ранее полученным обобщающим публикациям по всем ветвистоусым ракообразным Северной Евразии (Fryer, 1993; Коровчинский и др., 2021a, 2021b), а также более детальным специальным обзорам по Stenopoda (Коровчинский, 2004), бентосным Anomopoda (Котов, 2006), отдельным родам Chydoridae (Fryer, 1968; Смирнов, 1971) и Macrothricidae (Fryer, 1974; Смирнов, 1976).



Рис. 1. Район исследования (исходные карты взяты с портала Open Street Map (<https://www.openstreetmap.org>). Кружками обозначены места отбора проб.

Выявление локальных фаунистических ассоциаций. При определении пар взаимно ассоциированных видов использовали биномиальное распределение по алгоритму, предложенному А.А. Прокиным с соавт. (2021), с модификацией (Kotov et al.,

2022). Генеральной совокупностью считали весь потенциально возможный (бесконечный) объем проб в данном биотопе, выборкой – взятые исследователем пробы, успехом испытания Бернулли – совместное обнаружение двух видов. В качестве

его вероятности использовали апостериорную оценку (p):

$$p = \frac{m}{N} \cdot \frac{n}{N},$$

где m и n — число проб, содержащих первый и второй виды, N — общее число проб. Взаимную ассоциированность видов определяли вычислением 95%-ного и 99%-ного одностороннего доверительного интервала функции биномиального распределения.

Расчеты взаимной ассоциированности проводили в среде статистического анализа R (R Core Team, 2020), визуализацию результатов — в пакете igraph (Csardi, Nepusz et al., 2006). Группировку вершин графа осуществляли с использованием алгоритма максимизации модулярности (Blondel et al., 2008). Для позиционирования вершин графа использовали алгоритм Фрухтермана—Рейнгольда (Fruchterman, 1991).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ фауны. Всего получено 759 определенных ветвистоусых ракообразных, принадлежащих 68 таксонам (табл. 1). Из них семь таксонов определено лишь до рода, поскольку их представляли только ювенильные особи, точное определение которых невозможно при современном уровне развития систематики. Большая часть обнаруженных кладоцер относится к широко распространенному евроазиатскому комплексу (ШЕ) бореального генезиса. Помимо них обнаружены представители эндемичного восточно-азиатского (ЭВ) и восточно-азиатского-американского (ВА) фаунистических комплексов (табл. 1).

Наиболее часто в пробах встречался *Chydorus* cf. *sphaericus* (ШР, 12% проб), относительно часто (в >30 пробах) — *Alonella excisa* (ШР, 5% проб), *Coronatella rectangula* (ШР, 5%), *Scapholeberis mucronata* (ШЕ, 5%), *Acroperus angustatus* (ШЕ, 4%), *Bosmina longirostris* (ШР, 4%), *Graptoleberis testudinaria* (ШР, 4%), *Pleuroxus truncatus* (ШР, 4%). Находки прочих видов были малочисленными (рис. 2). Выявленные виды подразделены на те, которые встречаются исключительно в пределах черты г. Якутск и его ближайших пригородов (16 видов), вне города (9 видов), и прочие, отмеченные и в городе, и вне его (табл. 1).

Локальные фаунистические ассоциации. При уровне значимости $p \leq 0.05$ кластеры взаимной приуроченности выделяются недостаточно четко (рис. 3а), поэтому информация о этих ассоциациях будет обсуждаться только как дополнение к результатам анализа при $p \leq 0.01$. При таком подходе выделено восемь четко обособленных групп таксонов, составляющих ядра локальных фаунистических ассоциаций ветвистоусых ракообразных в

различных водоемах и/или различных биотопах внутри одного водоема (рис. 3б).

Кластер 1, основной кластер “с доминированием дафнид” по терминологии Фрайера (Fryer, 1993), объединяет виды (*Daphnia magna*, *D. curvirostris*), характерные для небольших, мелких, стоячих водоемов. Они встречаются в основном в прудах, испытывающих антропогенное эвтрофирование и замусоривание. Данная локальная фаунистическая ассоциация с полным набором из пяти-шести видов характерна только для водоемов г. Якутск и его ближайших пригородов. В то же время, входящие в состав ассоциации *Ceriodaphnia dubia* и *Pleuroxus aduncus* — более эвритопные виды и они менее тесно связаны с ядром ассоциации. При $p \leq 0.05$ к этой ассоциации примыкает *Scapholeberis rammneri*, который, в целом, характерен для более южных степных водоемов Сибири и редок в более северных лесных водоемах (Garibian et al., 2020).

Кластер 2 объединяет виды пелагического планктона в относительно крупных водоемах: *Daphnia galeata*, *Diaphanosoma mongolianum*, *Limnoscida frontosa*, *Leptodora kindtii*. Он характерен для крупных стариц р. Лена и совершенно не характерен для водоемов водораздела и мелких лесных озер вне города и его пригородов. Следует отметить особенно сильные связи между таксонами в его пределах. При $p \leq 0.05$ к кластеру примыкают другие виды пелагического планктона: *Daphnia cristata*, *Bythotrephes brevimanus* × *cederstroemi*, *Bosmina longirostris*, *Diaphanosoma amurensis*, *D. orghidani* и истинно бентосный вид *Macrothrix laticornis*. По-видимому, последний вид, обитающий на дне водоемов, попадает в планктонное “сообщество” в результате взмучивания донных отложений в ходе отбора проб.

Кластер 3 объединяет виды прибрежного планктона (*Polyphemus pediculus*) и нейстона (*Scapholeberis mucronata*) различных озер — от мелких до крупных. Как и в случае с первым кластером, ассоциации этого кластера так же, в основном, характерны для водоемов г. Якутск.

Кластер 4, основной кластер “с доминированием хидорид” по терминологии Фрайера (Fryer, 1993), объединяет бентосно-фитофильные виды крупных водоемов самого разнообразного типа — *Acroperus angustatus*, *Flavolona costata*, *Alonella excisa*, *Pleuroxus truncatus*, *Graptoleberis testudinaria*. Также с ними группируется единственный планктонный вид *Bosmina* cf. *coregoni*, однако сила связи этого вида с другими заметно слабее, чем в ядре ассоциации.

Кластер 5 также объединяет фитофильные виды (*Eurycercus macracanthus* и *Coronatella rectangula*), их присутствие, по-видимому, определяется степенью зарастания водоема макрофитами, а не

Таблица 1. Видовой состав ветвистоусых ракообразных в водоемах различного типа в пределах г. Якутска и его окрестностей

Вид	Водоем						г. Якутск	Вне г. Якутск	Фаунистический комплекс	Кластер при $p \leq 0.01$
	озеро	старица	пруд	лу́жа	болото	прочее				
<i>Acropertus angustatus</i> Sars, 1862	+	+	+	+	+	-	+	+	ШЕ	4
<i>A. harpae</i> (Baird, 1834)	+	-	-	+	-	+	+	+	ШЕ	-
<i>Alona quadrangularis</i> (O.F. Müller, 1785)	-	+	-	-	-	+	+	-	ШЕ	6
<i>Alonella excisa</i> (Fischer, 1854)	+	+	+	+	+	+	+	+	ШР?	-
<i>A. exigua</i> (Lilljeborg, 1853)	+	-	+	+	-	+	+	+	ШР	4
<i>A. nana</i> (Baird, 1850)	+	+	-	-	-	+	+	+	ШР	-
<i>Biapertura affinis</i> (Leydig, 1860)	+	+	-	+	-	+	+	+	ШЕ	6
<i>B. sibirica</i> Sinev, Karabanov et Kotov, 2020	+	+	-	-	-	-	+	+	-	-
<i>Bosmina cf. coregoni</i> Baird, 1857	+	+	-	-	+	+	+	+	ШЕ	4
<i>B. longirostris</i> (O.F. Müller, 1776)	+	+	+	-	+	+	+	-	ШР	-
<i>Bosminopsis zernowi</i> Linko, 1901	-	-	-	-	-	+	-	+	ШЕ	-
<i>Bunops serricaudata</i> Daday, 1888	+	-	-	-	-	-	+	-	ШЕ	-
<i>Bythotrephes brevipennis</i> + <i>cederstromii</i>	+	-	-	-	-	-	+	+	-	-
<i>B. cederströmii</i> Schödler, 1877	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Camptocercus fennicus</i> Stenroos, 1898	+	-	-	+	-	-	-	+	ШЕ	8
<i>C. rectirostris</i> Schödler, 1862	+	-	-	-	-	-	+	-	ШР	-
<i>C. smirnovi</i> Sinev et Gavrilko, 2021	+	-	-	-	+	-	+	+	ЭВ	-
<i>C. uncinatus</i> Smirnov, 1971	+	-	-	+	-	+	+	+	ВА	-
<i>Ceriodaphnia dubia</i> Richard, 1894 s.l.	+	+	+	-	+	+	+	+	ШР	1
<i>Ceriodaphnia smirnovi</i> Garibian, Andreeva et Kotov, 2023	+	-	-	-	-	+	+	+	-	-
<i>C. pulchella</i> Sars, 1862 s.l.	+	+	-	-	-	+	-	+	ШР	-
<i>C. quadrangula</i> (O.F. Müller, 1785) s.l.	+	+	-	-	-	+	-	+	ШР	-
<i>C. reticulata</i> (Jurine, 1820)	+	+	-	-	-	+	+	+	ШР	-
<i>Chydorus belyaevae</i> Klimovsky et Kotov, 2015	+	-	-	-	-	+	+	+	ШЕ	-
<i>Ch. biovatus</i> Frey, 1985	-	-	-	-	+	-	+	+	ВА	-
<i>Ch. cf. sphaericus</i> (O.F. Müller, 1776)	+	+	+	+	+	+	+	+	ШР	-

Таблица 1. Продолжение

Вид	Водоем						г. Якутск	Вне г. Якутск	Фаунистический комплекс	Кластер при $p \leq 0.01$
	озеро	старица	пруд	лу́жа	болото	прочее				
<i>Coronatella rectangula</i> (Sars, 1861)	+	+	+	+	+	+	+	+	ШР	5
<i>Daphnia cristata</i> Sars, 1862	+	–	–	–	–	+	+	+	ШЕ	–
<i>D. curvirostris</i> Eylmann, 1887	+	–	+	–	–	+	+	–	ШЕ	1
<i>D. galeata</i> Sars, 1863	+	+	–	–	–	+	+	+	ШР	2
<i>D. longispina</i> O.F. Müller, 1776 s.l.	+	+	+	+	–	+	+	–	–	1
<i>D. magna</i> Straus, 1820	+	–	+	–	–	+	+	–	ШР	1
<i>D. pulex</i> (L., 1758) s.l.	+	–	+	–	–	+	+	–	ШР	–
<i>Diaphanosoma amurensis</i> Korovchinsky et Sheleva, 2009	+	–	–	–	–	+	+	–	ЭВ	–
<i>D. brachyurum</i> (Lièvin, 1848)	+	+	+	–	–	+	–	+	ШЕ	3
<i>D. mongolianum</i> Uèno, 1938	+	–	–	–	–	–	+	+	–	2
<i>D. orghidani</i> Negrea, 1982	–	–	–	–	–	+	+	+	ШЕ	–
<i>D. pseudodubium</i> Korovchinsky, 2000	+	–	–	–	–	–	+	+	ЭВ	–
<i>Disparalona rostrata</i> (Koch, 1841) s.l.	+	–	–	+	–	+	+	+	ШЕ	–
<i>Eurycerus lamellatus</i> (O.F. Müller, 1776)	+	+	–	–	–	+	+	+	ШЕ	–
<i>E. macracanthus</i> Frey, 1973	+	+	–	+	+	+	+	+	ЭВ	5
<i>Flavalona costata</i> (Sars, 1862)	+	+	–	+	+	–	+	+	ШР	4
<i>Graptoleberis testudinaria</i> (Fischer, 1851)	+	+	+	+	+	+	+	+	ШР	4
<i>Ilyocryptus agilis</i> Kurz, 1874	+	+	–	–	–	–	+	–	ШР	–
<i>Lathonura rectirostris</i> (O.F. Müller, 1785)	+	–	–	+	–	–	+	+	ШР	–
<i>Leptodora kindtii</i> (Focke, 1844)	+	–	–	–	–	+	–	+	ШЕ	2
<i>Leydigia leydigi</i> (Schödler, 1863)	–	+	–	–	–	–	+	–	ШЕ	–
<i>Limnospida frontosa</i> Sars, 1862	+	–	–	–	–	+	+	–	ШЕ	2
<i>Macrothrix hirsuticornis</i> Norman et Brady, 1876	–	–	–	+	–	–	–	+	ШР	–
<i>M. laticornis</i> (Jurine, 1820)	+	+	–	–	–	+	+	+	ШР	6
<i>M. rosea</i> (Lièvin, 1848)	+	–	–	–	–	–	+	+	ШЕ	8
<i>Oxyurella tenuicaudis</i> Sars, 1862	+	–	–	–	–	–	+	+	ШЕ	–
<i>Pleuroxus aduncus</i> (Jurine, 1820)	+	+	+	+	+	+	+	+	ШР	1
<i>P. striatus</i> Schödler, 1863	+	–	–	+	+	–	+	+	ШЕ	–
<i>P. truncatus</i> (O.F. Müller, 1785)	+	+	+	–	+	+	+	+	ШЕ	4

Таблица 1. Окончание

Вид	Водоем						г. Якутск	Вне г. Якутск	Фаунистический комплекс	Кластер при $p \leq 0.01$
	озеро	старича	пруд	лужа	болото	прочее				
<i>P. uncinatus</i> Baird, 1850	+	–	–	–	–	–	+	+	ШР	–
<i>P. yakutensis</i> Garibian, Neretina, Klimovsky et Kotov, 2018	+	–	+	+	–	–	+	–	ВА	–
<i>Polyphemus pediculus</i> (L., 1758)	+	+	–	+	–	+	+	+	ШР	3
<i>Pseudochydorus globosus</i> (Baird, 1843)	–	–	–	+	–	–	–	+	ШЕ	–
<i>Scapholeberis mucronata</i> (O.F. Müller, 1776) s.l.	+	+	+	–	–	+	+	–	ШЕ	3
<i>S. rammneri</i> Dumont et Pensaert, 1983	–	+	–	–	–	–	+	+	ШР	–
<i>Sida crystallina</i> (O.F. Müller, 1776)	+	+	+	+	–	–	+	–	ШЕ	–
<i>Simocephalus congener</i> (Koch, 1841)	+	–	–	–	–	–	+	+	ШР	–
<i>S. exspinosus</i> (De Geer, 1778)	+	–	+	–	–	+	+	+	ШР	1
<i>S. mixtus</i> Sars, 1903	+	+	–	+	+	–	+	+	ШР	–
<i>S. serrulatus</i> (Koch, 1841)	+	–	–	–	–	–	+	+	ШР	–
<i>S. vetuloides</i> Sars, 1898	+	+	+	+	–	+	+	–	ВА	–
<i>S. vetulus</i> (O.F. Müller, 1776)	+	+	+	+	–	+	+	+	ШР	–

Примечание. Принадлежность таксона к тому или иному фаунистическому комплексу дана по: (Котов, 2016) в редакции (Гарибян и др., 2020): ШЕ – широко распространенный евроазиатский комплекс, ЭВ – эндемичный восточно-азиатский, ВА – восточно-азиатский-американский, ШР – неревизованные широко распространенные виды. + вид присутствует, – вид отсутствует (в последнем столбце, не входит ни в какой кластер при $p \leq 0.01$).

его размером. Связь между двумя этими таксонами относительно слабая.

Кластер 6 “с доминированием хидорид” (Fryer, 1993) представлен видами незаросшей прибрежной зоны озер – *Biapertura affinis*, *Alona quadrangularis*, *Macrothrix laticornis*. Преимущественно он характерен только для г. Якутск, поскольку большая часть водоемов вне его характеризуется значительным развитием зоны макрофитов. Связи между видами в этом кластере относительно слабые.

Кластер 7 представлен видами, характерными для зоны плавающих листьев *Nuphar* sp. и *Nymphaea* sp. в преимущественно крупных водоемах (*Sida crystallina*, *Lathonura rectirostris*) независимо от их расположения.

Кластер 8 характерен для истинного бентоса озер разного типа, он не приурочен к водоемам города/вне города. Связь между двумя таксонами при $p \leq 0.01$ весьма слаба.

Следует отметить, что кластеры 3–8, выделенные при $p \leq 0.01$ (рис. 36), образуют при $p \leq 0.05$

единый супер-кластер бентосно-фитофильных видов, встреченный в большинстве проб (рис. 3а).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В результате исследования водоемов на левобережье р. Лена выявлено 68 таксонов по сравнению с 90 таксонами в предыдущей работе (Климовский и др., 2015) по всей Центральной Якутии, что понятно, принимая во внимание гораздо меньшее число исследованных водоемов, их разброс по широте и общую площадь региона, на которой они расположены. Фауна Центральной Якутии отличается от фаун более южных регионов (в первую очередь, бассейна р. Амур (Котов и др., 2011а, 2011б; Гарибян и др., 2020)) полным отсутствием видов южного тропического комплекса, что вполне объяснимо, поскольку климат Центральной Якутии гораздо более суровый по сравнению с таковым даже в районе северных притоков р. Амур. Северные границы ареалов теплолюбивых видов должны выявляться на раз-

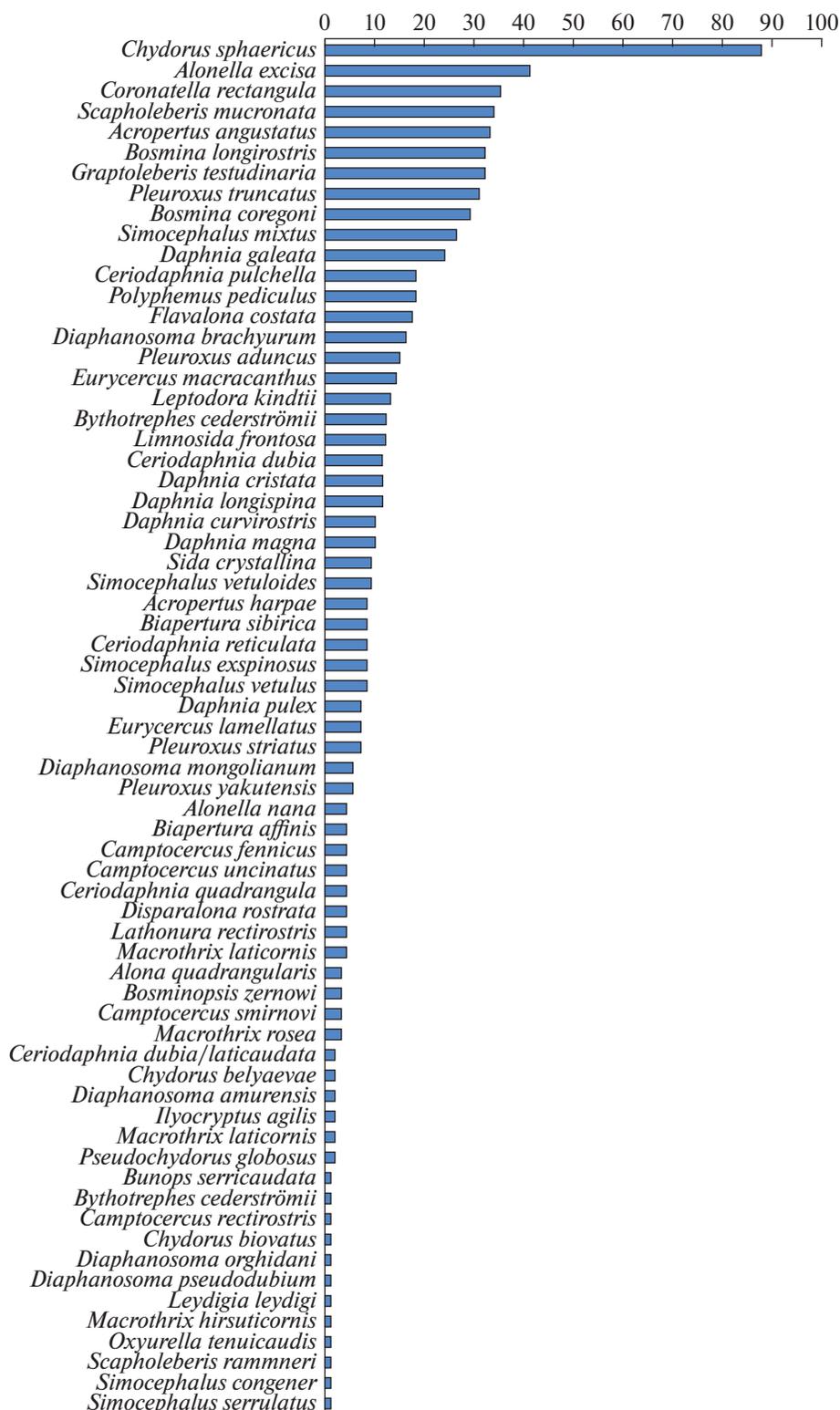


Рис. 2. Встречаемость выявленных видов (число проб, в которых вид был найден), ранжированная по числу находок.

реке Амур – Центральная Якутия. Также в Центральной Якутии относительно невелико число видов эндемичного восточно-азиатского комплекса. Однако, подобные виды могут скр-

ываться среди неревизованных таксонов, и данный вопрос требует специального изучения.

Например, известно, что в Якутии встречаются сразу три вида группы *Chydorus sphaericus*,

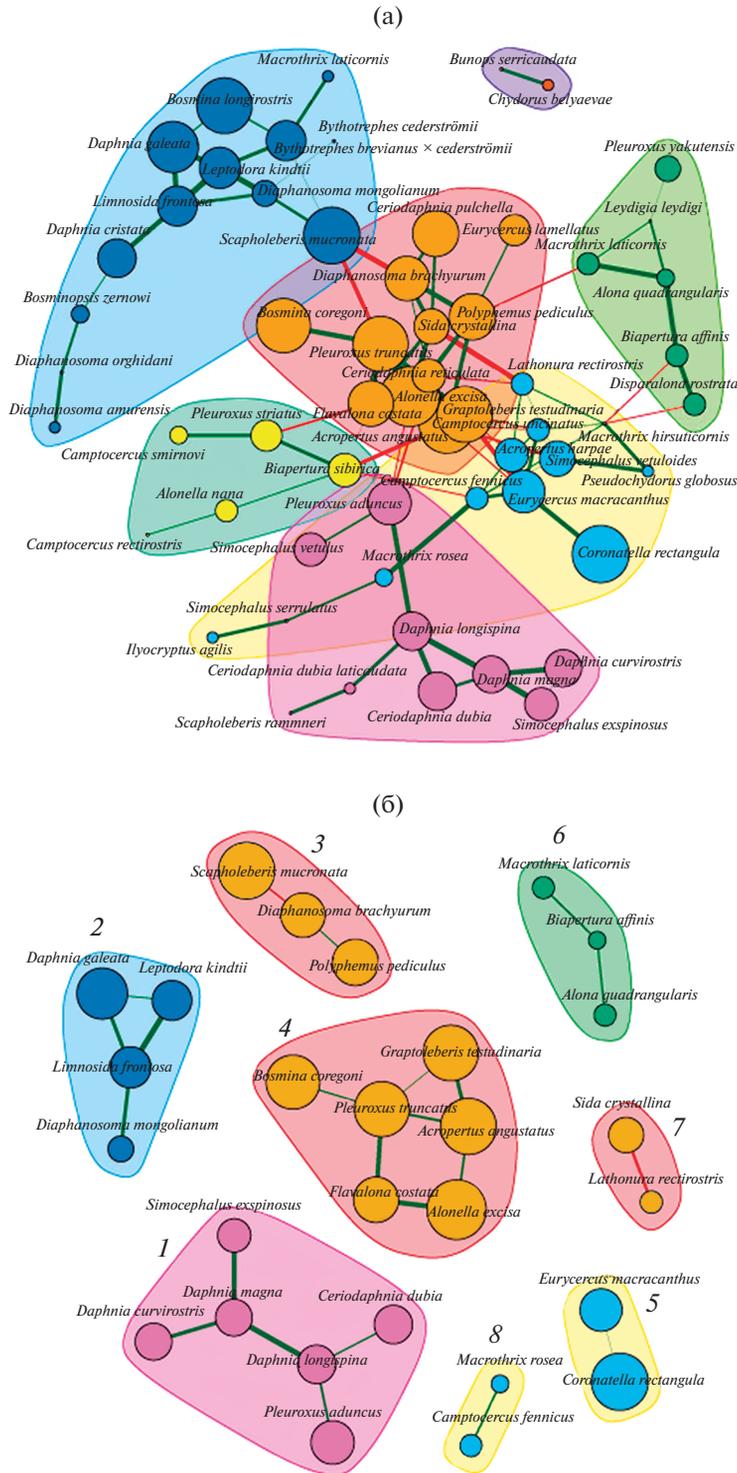


Рис. 3. Графы взаимной ассоциированности видов ветвистоусых ракообразных в Центральной Якутии при уровне значимости $p \leq 0.05$ (а) и $p \leq 0.01$ (б). Размер маркера (кружка) логарифмически пропорционален частоте обнаружения вида в пробах; толщина ребра (линии) отражает силу связи видов через значение функции распределения в долях от единицы; 1–8 – номера кластеров при $p \leq 0.01$ (см. описание в тексте). На двух рисунках одинаковыми цветами помечены соответствующие по набору таксонов кластеры, в единственном случае, одному кластеру при $p \leq 0.05$ на рис. (а) соответствуют три кластера при $p \leq 0.01$ на рис. (б).

которых невозможно отличить друг от друга по признакам партеногенетических самок (Климовский, Котов, 2015; Kotov et al., 2016), а именно таковые были отмечены в подавляющем большинстве проб. При отсутствии самцов и эфиппидальных самок в исследованных популяциях, последних определяли как *C. cf. sphaericus*, хотя некоторые из них могли принадлежать к *C. cf. biovatus* и *C. belyaevae*. Однако подобная неопределенность не повлияла на выводы по поводу структуры ассоциаций, поскольку *C. cf. sphaericus*, присутствовавший в подавляющем большинстве проб, представляет из себя вид-“ценофоб”, не ассоциированный с какими-либо другими видами. Ранее генетическими методами показано, что такие “обычные таксоны”, как *Daphnia curvirostris* (Kotov, Taylor, 2019; Kotov et al., 2021) и *Alonella excisa* (Neretina et al., 2021), также представлены в Центральной Якутии несколькими специфическими филогруппами, потенциально представляющими биологические виды.

Следует отметить, что какие-либо связи, даже слабые, полностью отсутствуют между выявленными кластерами, что может свидетельствовать о высокой степени изолированности ядер ассоциаций (между водоемами и/или между отдельными местообитаниями в пределах одного водоема). Однако, степень обособленности кластеров может зависеть и от числа встреченных видов. Так, при небольшом числе видов алгоритму легче их распределить по непересекающимся кластерам, чем при большем числе видов (как в нашем случае при $p \leq 0.05$). Даже при невозможности точного определения некоторых популяций, наши выводы представляют интерес для исследования сообществ городских водоемов. Не выявлено особых ассоциаций, которые были бы приурочены к не городским водоемам, что было неожиданным выводом данной работы.

Следует отметить, что ландшафты, к которым относятся две вышеупомянутые группы водоемов, различаются: если водоемы города и его окрестностей принадлежат непосредственно долине р. Лена, то водоемы вне города по большей части располагаются на плакоре. Для последнего характерно значительно меньшее разнообразие водоемов, пригодных для жизни многих жаброногих ракообразных, особенно видов более южного происхождения (Вехов, Вехова, 1993). В первую очередь, это связано с повышенной кислотностью воды из-за необычайно высокой заболоченности, особенно в таежной зоне (Слуто, 1964; Мазей, Цыганов, 2007). Мы поддерживаем мнение о “лесных водоемах” (“forest water bodies”) (Kuczyńska-Kirpen, Joniak, 2010; Celewicz-Gołdyn, Kuczyńska-Kirpen, 2017) как об особом типе, который может быть противопоставлен водоемам речных долин (“field water bodies”), гораздо более разнообразным по различным параметрам. Очевидно, харак-

тер водосбора коренным образом влияет на химический состав воды и другие показатели, однако в настоящей работе этот вопрос не обсуждается, поскольку никаких анализов не проводили.

Как минимум два типа водоемов, отмеченных в пределах г. Якутск и его окрестностей, не встречены на плакоре. Первый тип – относительно крупные старицы р. Лена. Выявление в водоеме видов кластера 2 (обитателей пелагического планктона), скорее, свидетельствует о его принадлежности к большому водоему речной поймы, и, возможно, не зависит от степени эвтрофирования водоема и т.д. На плакоре большинство водоемов относительно мелкие, и их глубины недостаточны для развития видов пелагического планктона, особенно *Leptodora kindtii* и *Limnoscida frontosa*. Также эти водоемы могут промерзнуть до дна, что исключает развитие в них видов ветвистоусых ракообразных с покоящимися яйцами, не сохраняющими жизнеспособность при промерзании (Макрушин, 1985).

Только среди водоемов в черте г. Якутск имеются пруды с относительно обширной не заросшей прибрежной зоной, в которой обитает особая ассоциация (кластер 6). Прибрежье водоемов вне города густо покрыто высшей водной растительностью, и подобная ассоциация в их зонах не выявляется. Пруды относятся к совершенно особому типу искусственных водоемов, нехарактерных для естественных условий левобережья р. Лена. Именно с ними связан кластер 1, который в естественных условиях более характерен для временных водоемов “степного” типа, в целом более типичный для Аридного пояса Евразии (Вехов, Вехова, 1993; Alonso, 2010; Zharov et al., 2020), располагающегося гораздо южнее Центральной Якутии. Схожий состав кладоцер характерен для аласных водоемов Зареченских улусов (Климовский и др., 2015), однако в г. Якутск они заселяют и пруды искусственного происхождения.

Однако в присутствии некоторых кластеров в водоеме можно выявить и последствия антропогенного влияния на водоемы, в которых они встречаются. Так, среди видов кластера 1 явный индикатор эвтрофирования – *Daphnia magna* (Макрушин, 1976). Водоемы, содержащие виды кластера 6, можно также отнести к антропогенно трансформированным. В результате человеческой деятельности появляются мелкие пруды с почти полностью отсутствующей зоной макрофитов, подобная ситуация редка в естественных условиях не только для водоемов лесов, но и речных долин.

Таким образом, удалось выявить виды, характерные для городских водоемов, и локальные фаунистические ассоциации, наличие которых в городе свидетельствует о значительной антропогенной нагрузке. Выявленные кластеры могут быть интерпретированы с точки зрения приуроченно-

сти отдельных видов к водоемам разных типов и/или разным экологическим зонам одного водоема. Возможно, это связано с тем, что континентальные водоемы и их сообщества — однозначно дискретные единицы биоты, в отличие от наземных сообществ с нерешенным вопросом об их дискретности или континуальности (Розенберг и др., 1999; Жирков, 2017).

Отметим, что природа выявленных ассоциативных комплексов (статистическая, ценогическая или обусловленная тем и другим) в настоящей работе не обсуждается и требует в будущем дискуссии.

Выводы. В исследованных водоемах левобережья р. Лена в районе г. Якутска и его окрестностей найдено 68 таксонов ветвистоусых ракообразных (Crustacea: Cladocera). Впервые выявлены фаунистические ассоциации видов ветвистоусых ракообразных Центральной Якутии с помощью статистического подхода, основанного на функции биномиального распределения. Полученные результаты свидетельствуют о том, что водоемы долины р. Лена и плакора различаются по видовому составу и по ассоциациям ветвистоусых ракообразных. Как минимум одна видовая ассоциация Cladocera приурочена к прудам с заметным антропогенным влиянием.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарны А.И. Климовскому и Е.И. Беккер (Институт проблем эволюции и экологии РАН) за помощь в сборе проб.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа поддержана Российским научным фондом (грант 18-14-00325П).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Беннинг А.Л. 1942. О планктоне реки Лены // Изв. биол.-геогр. НИИ при Вост.-Сиб. гос. ун-те им. А.А. Жданова. Т. 9. Вып. 3–4. С. 217.
- Вехов Н.В., Вехова Т.П. 1993. Региональные особенности фауны голых жаброногов и щитней (Crustacea, Phyllozoa) внетундровой территории Европейской части России и Украины // Вест. Зоол. № 5. С. 12.
- Винберг Г.Г., Алимов А.Ф., Балушкина Е.В. и др. 1977. Опыт применения разных систем биологической индикации загрязнения вод // Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидро-биологическим показателям. Л.: Гидрометеиздат. С. 124.
- Гарибян П.Г., Неретина А.Н., Коровчинский Н.М. и др. 2020. Юг Дальнего Востока России и Корея как переходная зона между бореальной и субтропической фаунами ветвистоусых ракообразных (Cladocera, Crustacea) // Зоол. журн. Т. 99. № 10. С. 1094.
- Жирков И.А. 2017. Био-география. Общая и частная: суши, моря и континентальных водоемов. М.: Т-во науч. изд. КМК.
- Иванова М.Б. 1997. К вопросу об определении состояния озерных экосистем при антропогенном воздействии // Биология внутр. вод. № 1. С. 5.
- Кириллов А.Ф., Ходулов В.В., Книжнин И.Б. и др. 2009. Экологический мониторинг гидробионтов среднего течения реки Лены // Якутск: Изд-во Якутск. науч. центра СО РАН. С. 16.
- Климовский А.И., Беккер Е.И., Синева А.Ю. и др. 2015. Cladocera (Crustacea, Branchiopoda) Центральной Якутии. 4. Систематико-фаунистический и зоогеографический анализ // Зоол. журн. Т. 94. № 12. С. 1367.
- Климовский А.И., Котов А.А. 2015. Cladocera (Crustacea, Branchiopoda) Центральной Якутии. 3. Таксоны группы видов *Chydorus sphaericus* s. l. (Anomopoda, Chydoridae) // Зоол. журн. Т. 94. № 11. С. 1257.
- Комаренко Л.Е. 1956. Характеристика флоры водорослей и зоопланктона водоемов бассейна среднего течения р. Лена // Тр. Ин-та биологии Якутск. фил. Сиб. отд. АН СССР. Вып. 2. С. 145.
- Кондратьева Т.А., Соколова В.А., Пестрякова Л.А. и др. 2008. Зоопланктон озер вилюйской низменности // Уч. Зап. Казан. гос. ун-та. Т. 150. С. 115.
- Коровчинский Н.М. 2004. Ветвистоусые ракообразные отряда Stenopoda мировой фауны (Морфология, систематика, экология, зоогеография). М.: Т-во науч. изд. КМК.
- Коровчинский Н.М., Котов А.А., Бойкова О.С. и др. 2021. Ветвистоусые ракообразные (Crustacea: Cladocera) Северной Евразии. Т. 1. М.: Т-во науч. изд. КМК.
- Коровчинский Н.М., Котов А.А., Синева А.Ю. и др. 2021. Ветвистоусые ракообразные (Crustacea: Cladocera) Северной Евразии. Т. 2. М.: Т-во науч. изд. КМК.
- Котов А.А. 2006. Адаптации ветвистоусых ракообразных отряда Anomopoda (Cladocera) к бентосному образу жизни // Зоол. журн. Т. 85. № 9. С. 1043.
- Котов А.А. 2016. Фаунистические комплексы Cladocera (Crustacea, Branchiopoda) Восточной Сибири и Дальнего Востока России // Зоол. журн. Т. 95. № 7. С. 748.
- Котов А.А., Коровчинский Н.М., Синева А.Ю. и др. 2011а. Cladocera (Crustacea Branchiopoda) бассейна реки Зеи (Амурская область, Российская Федерация). 3. Систематико-фаунистический и зоогеографический анализ // Зоол. журн. Т. 90. № 4. 402.
- Котов А.А., Синева А.Ю., Коровчинский Н.М. и др. 2011б. Cladocera (Crustacea, Branchiopoda) бассейна реки Зеи (Амурская область, Российская Федерация). 1. Новые таксоны для фауны России // Зоол. журн. Т. 90. № 2. С. 131.
- Крючкова Н.М. 1973. Роль зоопланктона в процессах самоочищения // Биологические процессы и самоочищение на загрязненном участке реки (на примере верхнего Днепра). Минск: Изд-во Белорус. ун-та. С. 127.
- Крылов А.В., Айрапетян А.О., Овсяян А.А. и др. 2021. Межгодовые изменения весеннего зоопланктона пелагиали оз. Севан (Армения) в ходе повышения ихтиомассы // Биология внутр. вод. № 1. С. 95. <https://doi.org/10.31857/S032096522101006X>
- Мазей Ю.А., Цыганов А.Н. 2007. Изменения видовой структуры сообщества раковинных амёб вдоль средовых градиентов в сфагновом болоте, восста-

- навливающимся после выработки торфа // Поволж. экол. журн. № 1. С. 24.
- Макрушин А.В. 1976. Ветвистоусые ракообразные как индикатор загрязнения вод // Гидробиол. журн. Т. 12. № 5. С. 1014.
- Макрушин А.В. 1985. Ангидробиоз первичноводных беспозвоночных: сохранение жизнеспособности в высушенном состоянии. Л.: Наука.
- Николаев И.И. 1981. Определение качества вод озер по биологическим показателям // Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям. Тр. II Советско-английского семинара. Л.: Гидрометеиздат. С. 43.
- Пирожников П.Л., Шульга Е.Л. 1957. Основные черты зоопланктона низовья реки Лены // Тр. Всесоюз. Гидробиол. об-ва. Т. 8. С. 219.
- Подшивалина В.Н. 2021. Особенности распределения зоопланктона в зоне влияния притоков водохранилищ Средней Волги // Биология внутр. вод. № 5. С. 472.
<https://doi.org/10.31857/S0320965221050156>
- Прокин А.А., Селезнев Д.Г., Цветков А.И. 2021. Влияние факторов среды на межгодовые изменения макрозообентоса пойменных озер // Трансформ. экосист. Т. 4. № 2. С. 65.
<https://doi.org/10.23859/estr-210306>
- Розенберг Г.С., Мозговой Д.П., Гелашвили Д.Б. 1999. Экология. Элементы теоретических конструкций современной экологии. Самара: Изд-во Самар. науч. центра РАН.
- Смирнов Н.Н. 1971. Chydoridae фауны мира // Фауна СССР. Ракообразные. Т. 1. № 2. С. 1.
- Смирнов Н.Н. 1976. Macrothricidae и Moinidae фауны мира // Фауна СССР. Нов. сер. Ракообразные Т. 1. № 3. С. 1.
- Собакина И.Г. 2000. Фаунистическая характеристика зоопланктона некоторых озер Центральной Якутии // Матер. Междунар. конф. "Озера холодных регионов". Ч. 2. Гидробиологические вопросы. Якутск: Изд-во Якутск. ун-та. С. 69.
- Собакина И.Г., Кириллов А.Ф. 2007. Таксономическое разнообразие зоопланктона р. Анабар // Ихтиологические исследования на внутренних водоемах. Саранск: Изд-во Мордов. гос. ун-та. С. 150.
- Собакина И.Г., Соколова В.А., Соломонов Н.М. 2009. Современный состав зоопланктона дельты реки Лена в осенний период // Изв. Самар. науч. центра РАН. Т. 11. С. 347.
- Собакина И.Г., Соколова В.А. 2012. Зоопланктон озер города Якутска // Биологическое разнообразие и продуктивность водных экосистем севера: Всерос. науч.-практ. конф., посвященная 100-летию со дня рождения заслуженного деятеля науки РС (Я) д.б.н. Федора Николаевича Кириллова, 15–17 ноября 2011 г. Якутск: Офсет. С. 301.
- Соколова В.А. 1972. Зоопланктон озер Колымо-индигирской низменности // Рыбохозяйственное освоение озер бассейна средней Колымы. Якутск: Якутск. книж. изд-во. С. 87.
- Соколова В.А. 1979. Зоопланктон Вилюйского водохранилища // Биология Вилюйского водохранилища. Новосибирск: Наука. С. 90.
- Соколова В.А., Собакина И.Г. 2003. К экологической оценке притоков в бассейне реки Лена // Конференция "Экологические проблемы бассейнов крупных рек-3". Тольятти: Ин-т экологии Волжск. бассейна РАН. С. 267.
- Шутиков В.К., Зинченко Т.Д., Розенберг Г.С. 2010. Макроэкология: методы изучения пресноводных сообществ. Тольятти: Кассандра.
- Шурганова Г.В., Тарбеев М.Л., Голубева А.В. и др. 2011. Оценка качества воды малых и средних рек Нижегородского Поволжья на основании анализа индикаторных видов зоопланктона // Вода: Химия и Экология. № 10. С. 87.
- Abramova E., Vishnyakova I. 2012. New data about zooplankton species composition and distribution in the lakes of the Lena Delta // Ber. Pol. Meerforsch. Russ.-German Coop. Syst. Laptev Sea: The Expedition LENA 2008. V. 642. P. 30.
- Adamowicz S.J., Chain F.J., Clare E.L. et al. 2016. From Barcodes to Biomes: Special Issues from the 6th International Barcode of Life Conference // Genome. V. 59. № 9. P. v-ix.
- Alonso M. 2010. Branchiopoda and Copepoda (Crustacea) in Mongolian saline lakes // Mongol. J. Biol. Sci. V. 8. № 1. P. 9.
- Blondel V.D., Guillaume J.-L., Lambiotte R. et al. 2008. Fast unfolding of communities in large network // Journal of Statistical Mechanics, stacks.iop.org/JSTAT/2008/P10008.
<https://doi.org/10.1088/1742-5468/2008/10/P10008>
- Bray J.R., Curtis J.T. 1957. An ordination of upland forest communities of southern Wisconsin // Ecol. Monogr. V. 27. P. 325.
- Chertoprud E.S., Novichkova A.A. 2021. Crustaceans in the meiobenthos and plankton of the thermokarst lakes and polygonal ponds in the Lena River delta (Northern Yakutia, Russia): Species composition and factors regulating assemblage structures // Water. V. 13. № 1936.
<https://doi.org/10.3390/w13141936>
- Celewicz-Gołdyn S., Kuczyńska-Kippen N. 2017. Ecological value of macrophyte cover in creating habitat for microalgae (diatoms) and zooplankton (rotifers and crustaceans) in small field and forest water bodies // PLoS One. V. 12. № 5. e0177317.
- Clymo R.S. 1964. The origin of acidity in *Sphagnum bogs* // Bryologist. V. 67. № 4. P. 427.
- Csardi G., Nepusz T. 2006. The igraph software package for complex network research // Interjournal, Complex Syst. V. 1695. № 5. P. 1.
- Fruchterman T.M.J., Reingold E.M. 1991. Graph Drawing by Force-directed Placement // Software.—Pract. Exper. V. 21. № 11. P. 1129.
- Fryer G. 1968. Evolution and adaptive radiation in the Chydoridae (Crustacea: Cladocera): a study in comparative functional morphology and ecology // Phil. Trans. Roy. Soc. London. Ser. B. Biol. Sci. V. 254. P. 221.
- Fryer G. 1974. Evolution and adaptive radiation in the Macrothricidae (Crustacea, Cladocera): a study in comparative functional morphology and ecology // Phil. Trans. Roy. Soc. London. Ser. B. Biol. Sci. V. 269. P. 137.
- Fryer G. 1993. The freshwater Crustacea of Yorkshire. A faunistic and ecological survey. Leeds: Yorkshire Naturalists' Union and Leeds Philosoph. and Lit. Soc.
- Garibian P.G., Neretina A.N., Klimovskiy A.I. et al. 2018. A new case of West-East differentiation of the freshwater fauna in Northern Eurasia: the *Pleuroxus trigonellus* species group (Crustacea: Cladocera: Chydoridae) // Zootaxa. V. 4532. № 4. P. 451.

- Garibian P.G., Neretina A.N., Taylor D.J. et al. 2020. Partial revision of the neustonic genus *Scapholeberis* Schoedler, 1858 (Crustacea: Cladocera): decoding of the barcoding results // PeerJ. V. 8. e10410.
- Garibian P.G., Karabanov D.P., Neretina A.N. et al. 2021. *Bosminopsis deitersi* (Crustacea: Cladocera) as an ancient species group: a revision // PeerJ. V. 9. e11310. <https://doi.org/10.7717/peerj.11310>
- Kotov A.A., Karabanov D.P., Bekker E.I. et al. 2016. Phylogeography of the *Chydorus sphaericus* group (Cladocera: Chydoridae) in the Northern Palearctic // PLoS One. V. 11. № 12. e0168711.
- Kotov A.A., Taylor D.J. 2019. Contrasting endemism in pond-dwelling cyclic parthenogens: the *Daphnia curvirostris* species group (Crustacea: Cladocera) // Sci. Rep. V. 9. № 6812. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-43281-9>
- Kotov A.A., Garibian P.G., Bekker E.I. et al. 2021. A new species group from the *Daphnia curvirostris* species complex (Cladocera: Anomopoda) from the eastern Palearctic: taxonomy, phylogeny and phylogeography // Zool. J. Linn. Soc. V. 191. № 3. P. 772.
- Kotov A.A., Seleznev D.G., Garibian P.G. et al. 2022. History of colonization of Jeju Island (Republic of Korea) by the water fleas (Crustacea: Cladocera) is reflected by the seasonal changes in their fauna and species associations // Water. V. 14. № 3394. <https://doi.org/10.3390/w14213394>
- Kuczyńska-Kippen N., Joniak T. 2010. The impact of water chemistry on zooplankton occurrence in two types (field versus forest) of small water bodies // Int. Rev. Hydrobiol. V. 95. № 2. P. 130.
- Lim N.K., Tay Y.C., Srivathsan A. et al. 2016. Next-generation freshwater bioassessment: eDNA metabarcoding with a conserved metazoan primer reveals species-rich and reservoir-specific communities // Roy. Soc. Open Sci. V. 3. № 11. P. 160635.
- Neretina A.N., Karabanov D.P., Sacherová V. et al. 2021. Unexpected mitochondrial lineage diversity within the genus *Alonella* Sars, 1862 (Crustacea: Cladocera) across the Northern Hemisphere // PeerJ. V. 9. e10804. <https://doi.org/10.7717/peerj.10804>
- Nigamatzyanova G., Frolova L., Abramova E. 2016. Zooplankton spatial distribution in thermokarst lake of the Lena River delta (Republic of Sakha (Yakutia)) // Res. J. Pharm., Biol. Chem. Sci. V. 7. № 5. P. 1288.
- Novichkova A.A., Kotov A.A., Chertoprud E.S. 2020. Freshwater crustaceans of Bykovsky Peninsula and neighboring territory (Northern Yakutia, Russia) // Arthropoda Sel. V. 29. № 1. P. 1.
- Reshetnyak O.S. 2010. The anthropogenic transformation of the water bodies of the European North of Russia // Rus. J. General Chem. V. 80. № 13. P. 2738.
- R Core Team. 2020. R: A language and environment for statistical computing. Available online: <https://www.R-project.org/> (accessed on 10 August 2022).
- Schlutter D. 1984. A variance test for detecting species associations, with some example applications // Ecology. V. 65. P. 998.
- Stone L., Roberts A. 1990. The checkerboard score and species distributions // Oecologia. V. 85. P. 74.
- Zharov A.A., Neretina A.N., Rogers C.D. et al. 2020. Pleistocene Branchiopods (Cladocera, Anostraca) from Transbaikalian Siberia demonstrate morphological and ecological stasis // Water. V. 12. P. 3063. <https://doi.org/10.3390/w12113063>

Local Faunistic Association of the Water Fleas (Crustacea: Cladocera) in the Water Bodies of Left Bank of the Lena River near Town of Yakutsk and Its Vicinities (Yakutia Russia)

L. V. Andreeva¹, *, D. G. Seleznev^{2, 3}, P. G. Garibian², and A. A. Kotov²

¹Institute for Biological Problems of Cryolithozone of the Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Yakutsk, Russia

²Severtsov Institute of Ecology and Evolution of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

³Papanin Institute for Biology of Inland Waters, Russian Academy of Sciences, Borok, Nekouzskii raion, Yaroslavl oblast, Russia

*e-mail: au_196@mail.ru

In this study, we investigated a species composition of the water fleas (Crustacea: Cladocera) in the water bodies of the left bank of the Lena River near Yakutsk and its vicinities. Local faunistic associations characteristics of this region were identified using a statistical approach based on the binomial distribution function. As a result of the study, 68 taxa were identified and eight very distinct groups of taxa constituting the cores of local faunistic associations of the branchiopod crustaceans in various water bodies and/or various biotopes within one water body were drawn out. We have demonstrated that the water bodies of the Lena River valley and the watershed differ both in species composition and in associations of the Cladocera. At least one species association of the Cladocera is confined to the ponds with a visible anthropogenic influence. Thus, it is possible to identify not only species that are typical for urban water bodies, but also local faunistic associations, the presence of which in the city indicates a significant anthropogenic pressure. At the same time, the identified clusters can be interpreted in terms of our knowledge of the individual species preferences to water bodies of different types and different ecological zones of a certain water body.

Keywords: Cladocera, associations, anthropogenic factors, Lena River, Yakutia Republic