

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 565.31

doi: 10.26907/2542-064X.2021.3.527-537

РЕЦЕНТНЫЕ CLADOCERA (BRANCHIOPODA, CRUSTACEA) В ТАФОЦЕНОЗАХ ОЗЕР ДЕЛЬТЫ РЕКИ ПЕЧОРЫ

Н.М. Нигматуллин, Г.Р. Нигаматзянова, Э.А. Валиева, Л.А. Фролова
Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, 480008, Россия

Аннотация

В статье приводятся результаты гидрохимического, гидробиологического и палеолимонологического исследования 17 озер в дельте реки Печоры на территории Ненецкого государственного природного заповедника. Для всех озер отмечены низкие значения минерализации (менее 200 мг/л) и высокое содержание растворенного кислорода в летний период 2020 г. По классификации О.А. Алекина их воды относятся к классу хлоридных, группе натриевых вод II типа. В результате палеолимонологического анализа поверхностных донных отложений идентифицировано 23 таксона Cladocera. Доминантными видами в сообществах Cladocera на исследованной территории являются *Bosmina longispina* (Leydig, 1860) и *Chydorus cf. sphaericus* (Müller, 1776). Остальные организмы, такие как *Sida crystallina* (Müller, 1776), *Pleuroxus uncinatus* (Baird, 1850), *Coronatella rectangula* (Sars, 1862), *Bythotrephes longimanus* (Leydig, 1860), имеют довольно низкую численность и были представлены единичными находками. Впервые в данном регионе России нами зарегистрирован *Rhynchotalona latens* (Sarmaja-Korjonen, Nakojarvi and Korhola, 2000) – редкий ледниковый реликтовый организм. Зоогеографический анализ показал, что в сообществе Cladocera преобладают виды, относящиеся к таким географическим областям, как Палеарктика и Голарктика.

Ключевые слова: палеолимонологический анализ, Арктические озера, дельта Печоры, Cladocera

Введение

Территория Ненецкого автономного округа испытывает значительную антропогенную нагрузку в связи с активной разработкой нефтяных и газовых месторождений. В таких условиях особый практический интерес представляют комплексная оценка и контроль экологического состояния окружающей среды региона с целью обеспечить рациональное использование его природных ресурсов и минимизировать отрицательные экологические последствия.

Наиболее уязвимы к загрязнениям водные экосистемы. По этой причине одними из показательных индикаторов благополучия и устойчивости экосистем выступают именно сообщества гидробионтов. Среди них ключевая роль принадлежит беспозвоночной фауне, не только являющейся кормовой базой промысловых видов рыб, но и определяющей процессы самоочищения водоемов [1]. Хитиновый скелет беспозвоночных животных распадается после смерти на части и сохраняется в грунте в виде фоссилизированных остатков.

Самыми многочисленными беспозвоночными организмами, населяющими пресноводные экосистемы, являются микроскопические ракообразные, в частности Cladocera [2]. Cladocera часто используют не только в качестве биоиндикаторов, но и для построения кривых долговременных экологических и климатических изменений на основе анализа их остатков (головного щита, створок, постабдомена, постабдоменальных коготков, антенн и мандибул [6]) в донных отложениях [7].

Условия обитания беспозвоночных гидробионтов, таких как Cladocera, в пресноводных экосистемах арктической зоны можно отнести к экстремальным, поскольку они характеризуются непродолжительным вегетационным периодом, низкими температурами, высоким уровнем ультрафиолетовой радиации и дефицитом биогенных элементов [3]. Для этого региона одним из перспективных методов реконструкции изменений окружающей среды считается метод исследования озерных осадков, большое преимущество которого заключается в том, что донные отложения озер накапливаются непрерывно в течение длительного временного отрезка [5].

На сегодняшний день имеются лишь немногочисленные палеолимнологические исследования дельты р. Печоры с использованием таких биоиндикаторов, как пыльца [8, 9], диатомовые водоросли [10] и Cladocera [11, 12]. Наши знания о развитии климата и состоянии озерных экосистем в данном регионе крайне скудны и не систематизированы, что обуславливает важность настоящей статьи, особенно ввиду наличия сложной гидрографической сети и разнообразного ландшафта в устьевой части Печоры, благодаря которым эта территория характеризуется высоким биоразнообразием [4].

Цель настоящего исследования – оценка изменений окружающей среды в районе дельты р. Печоры и дополнение списка характерных для этой территории видов беспозвоночных животных на основе анализа сообществ рецентных Cladocera в тафоценозах озер.

1. Материал

1.1. Район исследования. Печора – крупнейшая река бассейна Северного Ледовитого океана на территории Европейской части России с общей протяженностью 1809 км, площадью водосборного бассейна 4060 км² и объемом годового стока 126 км³. Она берет начало на западном склоне Северного Урала, протекает по Печорской низменности и впадает в Печорскую губу Баренцева моря [13, 14].

Климат исследуемой территории характеризуется экстремально низкими температурами воздуха зимой (–50...–45 °С) и средней летней температурой +17 °С, с максимумом до +30 °С. Среднегодовое количество осадков колеблется от 500–550 мм в зоне тундры до 650–750 мм в зоне тайги и более 1200 мм в наиболее высоких точках Уральских гор. Воздушные массы, формирующиеся над теплой Атлантикой или незамерзающей юго-западной частью Баренцева моря, в зимний период значительно повышают температуру воздуха Европейского Севера, а летом наоборот понижают ее. Для региона характерны переменчивость погоды и частые циклоны [15, 16].

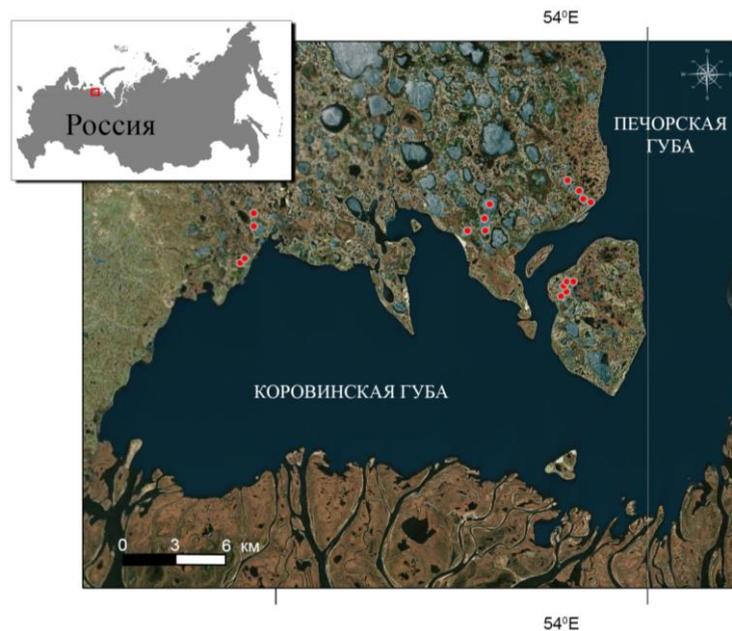


Рис. 1. Расположение озер в дельте р. Печоры, исследованных в 2020 г.

Обширная территория дельты р. Печоры достаточно сильно заболочена и изрезана множеством озер и стариц. Исследованные нами озера ($n = 17$) небольшие по размерам (средняя глубина 0.8 м, максимальная глубина 1.7 м), что в целом типично для озер данного региона. Их котловины имеют моренное или термокарстовое происхождение [16].

1.2. Сбор материала. Пробы поверхностных донных отложений ($n = 17$, по одному образцу из каждого озера) и воды ($n = 31$) были отобраны в ходе летней научно-исследовательской экспедиции на территории Государственного природного заповедника «Ненецкий» в августе 2020 г (рис. 1). Палеоэкологические реконструкции проводили по данным проб, взятых с помощью стратификационного дночерпателя Экмана – Берджа из верхнего слоя грунта (0–2 см) в самой глубокой части озера. Гидрологические и гидрохимические показатели исследуемых озер измеряли с использованием многопараметрового анализатора Multi 3420 SetG (WTW, Германия).

2. Методы исследования

Содержание основных структурообразующих ионов и микроэлементов в отобранных пробах воды определяли в системе капиллярного электрофореза «Капель 105м» (в двух повторностях для каждой исследуемой пробы). Всего было проведено 62 анализа для определения концентрации анионов и катионов.

Пробы грунта для анализа рецентных остатков Cladocera готовились по методике, разработанной А. Корхойлой и М. Раутио [17]. Вся отобранная колонка донных отложений была высушена в сублимационной сушилке. Высушенный грунт весом 0.4–2.4 г смешивали с 10%-ным раствором КОН и нагревали до 75 °С в течение 30–35 мин, затем пропускали полученную смесь через сито с ячеей 50 мкм.

Сохранившиеся хитиновые остатки Cladocera переносили из сита в бюксы объемом 15 мл и добавляли 2–3 капли спиртового раствора сафранина, чтобы окрасить остатки Cladocera в образцах, так как они прозрачные и бесцветные. Для фиксации пробы добавляли несколько капель спирта. Идентификация обнаруженных остатков производилась по специализированным определителям современных и субфоссильных Cladocera [18–19]. Пробы тщательно просматривали под световым микроскопом Axio Lab A1 (Карл Цейсс, Германия).

Для выделения классов доминирования по количественным значениям Cladocera была использована шкала Любарского [20]: малозначительный вид (от 0% до 4%), второстепенный вид (от 4 до 16%), субдоминант (от 16% до 36%), доминант (от 36% до 64%) и абсолютный доминант (от 64% до 100%). Степень видового разнообразия и доминирования ветвистоусых ракообразных определяли с помощью индекса Шеннона – Уивера (H), учитывающего число видов в сообществе и степень их доминирования. Индекс H обычно варьирует в пределах от 1.5 до 3.5, очень редко превышая 4.5. Данный индекс является косвенным показателем качества воды и трофического статуса водоема [21]. Иногда индекс H используют для расчета другого индекса – индекса выравненности экологических групп Пиелу (E), при расчете которого используют отношение наблюдаемого разнообразия к максимальному. Чем значение данного индекса ближе к единице, тем равномернее таксоны распределены в сообществе и тем стабильнее экосистема. [22]. Коэффициент Чекановского – Серенсена позволил нам оценить степень единообразия видового состава сообществ ветвистоусых ракообразных в донных отложениях озер. Этот коэффициент равен 1 в случае полного совпадения видов сообществ и 0, если выборки совершенно различны и не включают общих видов. [23].

3. Результаты и их обсуждение

3.1. Гидрохимия озер. Показатель общей минерализации в исследуемых озерах изменялся в пределах от 4.87 до 629.08 мг/л, в среднем составив 72.14 мг/л. Большинство озер может быть отнесено к ультрапресным, за исключением пресных озер 20-Ре-01, 20-Ре-02 и 20-Ре-03 с общей минерализацией выше 200 мг/л. Последние также характеризуются более высокими значениями общей жесткости воды (2.42, 1.51 и 0.82 мг-экв./л соответственно). По средним показателям жесткости (0.34 ± 0.17 мг-экв./л) все озера характеризуются очень мягкой водой. Значения электропроводности варьировали от 11.80 до 1344.00 мкСм/см (148.06 ± 54.36 мкСм/см в среднем). Среднее значение показателя рН равняется 6.36 и варьирует в пределах слабокислых и слабощелочных значений (от 5.32 до 8.12 соответственно). Содержание растворенного кислорода менялось от 10.35 (97.40% насыщения) до 11.67 мг/л (114.90% насыщения) (табл. 1).

По средним значениям результатов гидрохимического анализа исследованные озера были охарактеризованы формулой М.Г. Курлова [24]:

$$M\ 0.07; \frac{Cl^- 84.28\ SO_4^{2-} 16.02\ HCO_3^- 7.47}{(Na^+ + K^+) 76.01\ Ca^{2+} 12.98\ Mg^{2+} 9.71};\ pH\ 6.36;\ Ж\ 0.34.$$

Эта формула позволяет дать обобщенную характеристику химического состава воды. В данном случае она означает, что в анализируемой воде сумма всех

Табл. 1

Статистические показатели основных гидрохимических и гидрологических характеристик озер дельты р. Печоры, исследованных в 2020 г.

Показатель	Минимальное значение	Среднее значение	Максимальное значение	Медиана
Глубина водоема, м	0.40	0.81	1.70	0.80
$T_{\text{воды}}$, °C	11.60	12.88	14.60	12.70
Электропроводность, мкС/см	11.80	148.06	1344	19.55
Минерализация (TDS), мг/л	12.00	167.03	1349	19.50
pH	5.32	6.36	8.12	6.11
O ₂ , мг/л	10.35	10.78	11.67	10.74
O ₂ , %	97.40	103.22	114.90	102.60

ионов равняется 0.07 г/л, структурообразующими ионами являются: анионы гидрокарбонатов (7.47%-экв.), сульфатов (16.02%-экв.), хлора (84.28%-экв.) и катионы магния (9.71%-экв.), кальция (12.98%-экв.), натрия с калием (76.01%-экв.).

Согласно классификации О.А. Алекина [24], в природных водоемах существует четыре типа воды. Воды исследованных озер по средним значениям относятся к классу хлоридных, группе натриевых вод II типа ($\text{HCO}_3^- < \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} < \text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}$).

Полученные результаты гидрохимического анализа свидетельствуют о том, что содержание основных структурообразующих ионов в воде исследуемых озер низкое (менее 200 мг/л), что в целом характерно для тундровых озер. Все озера также имеют низкие значения минерализации, не превышающие 200 мг/л. Однако три озера (20-Ре-01, 20-Ре-02 и 20-Ре-03) отличаются по показателям электропроводности и минерализации. Это должно быть связано с их близким расположением к берегу Коровинской губы (30 м от берега), откуда, вероятно, периодически вода поступает в эти озера.

3.2. Анализ рецентных Cladocera. В результате анализа 17 образцов поверхностных донных отложений (по одному образцу из каждого озера) было идентифицировано в среднем 180 ± 11 экз. ветвистоусых рачков. Концентрация их остатков на грамм сухого веса в среднем составила 2311 экз./г, а количество экземпляров в образцах варьировало от 75 до 219. В целом в исследованных озерах было выявлено 23 таксона из группы Cladocera, среди которых доминировало семейство Chydoridae (65% от общего количества экземпляров), а семейства Daphniidae (13%), Bosminidae (9%), Eurycercidae (4%), Cercopagidae (4%) и Sididae (4%) отличались меньшими представленностью и разнообразием. Видовое богатство Cladocera менялось в пределах от 4 до 14 видов в разных горизонтах.

Согласно шкале Любарского [20], доминантами в реконструированных сообществах рецентных Cladocera являются *Bosmina longispina* (42% от общего количества экземпляров) и *Chydorus sphaericus* (37%). Их доля варьирует в разных озерах и меняется прямо пропорционально. Поскольку *B. longispina* – пелагический вид, а *Ch. sphaericus* – преимущественно прибрежный, то их соотношение в водоеме коррелирует с глубиной озера. Кроме них были выделены следующие второстепенные виды: *Bosmina longirostris* (Müller, 1776) (4.29%) и *Alonopsis*

elongata (Sars 1861) (3.70%). Все остальные таксоны относятся к группе мало-значительных видов.

Из малочисленных видов особенно интересной находкой является *Rhynchotalona latens* (Sarmaja-Korjonen, Nakojarvi and Korhola, 2000) – очень редкий ледниковый реликтовый организм. Его головные щиты были обнаружены нами в донных осадках высохшего озера, с условным наименованием 20-Рс-17 (N 68°21'454" E 53°24'759"). Этот вид впервые зарегистрирован в исследуемом регионе. Ранее он был известен только для озер Европы, по большей части для Южной Финляндии [25].

Среднее значение индекса Шеннона составило 1.29 ± 0.10 , что соответствует умеренно загрязненному типу водоемов. Значение индекса видового сходства Чекановского – Серенсена равняется 0.66, что свидетельствует о достаточно высоком сходстве видового состава исследованных озер. Средний показатель индекса выравненности Пиелу в озерах характеризуется значением 0.57 ± 0.04 и варьирует в пределах от 0.36 до 0.81, что говорит о сравнительно равномерном распределении таксонов в сообществе Cladocera в дельте Печоры.

Заключение

Большинство озер в дельте р. Печоры периодически затопляется водами самой реки и Коровинской губы, что может влиять на химический состав воды и таксономическое разнообразие беспозвоночных животных.

Исследованные озера неглубокие, слабоминерализованные, с высоким содержанием растворенного кислорода в воде и низкими значениями общей жесткости. Для них, как и для большинства тундровых водоемов, характерны низкие концентрации главных ионов. Согласно классификации О.А. Алекина, воды озер относятся к классу хлоридных, группе натриевых вод II типа.

По результатам кладоцерного анализа установлен комплекс доминантных видов, куда входят *B. longispina* и *Ch. sphaericus*, сменяющие друг друга в зависимости от глубины водоема. Кроме того, обнаружен редкий вид *Rhynchotalona latens*, который встречается в основном в европейских озерах и не был зарегистрирован ранее в Европейской части России.

Согласно вычисленным индексам озера характеризуются как умеренно загрязненные. Коэффициент видового сходства Чекановского – Серенсена показал достаточно высокое сходство видового состава. Значения индекса Пиелу говорят о том, что таксоны Cladocera распределены равномерно внутри сообщества. Отсутствие одного абсолютного доминанта и присутствие нескольких доминантных и второстепенных видов говорит о благополучии сообществ Cladocera.

Благодарности. Исследования остатков субфоссильных Cladocera в лабораторных условиях были выполнены при поддержке Российского научного фонда (проект № 20-17-00135). Полевые работы проводились за счет субсидии, выделенной Казанскому федеральному университету по государственному заданию № 671-2020-0049, а также в рамках Программы стратегического академического лидерства Казанского федерального университета.

Литература

1. Черевичко А.В., Мельник М.М., Прокин А.А., Готов А.С. Современное состояние зоопланктона и макрозообентоса низовий р. Печора (Ненецкий АО) // Вода: химия и экология. – 2011. – № 9. – С. 53–59.
2. Новичкова А.А. Микроракообразные (Cladocera, Sorepoda) внутренних водоемов арктических островов и закономерности их распределения в высоких широтах: Дис. ... канд. биол. наук. – М., 2015. – 172 с.
3. Нигаматзянова Г.Р., Фролова Л.А., Четверова А.А., Федорова И.В. Гидробиологические исследования проток устьевой области реки Лены // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. – 2015. – Т. 157, кн. 4. – С. 96–108.
4. Фефилова Е.Б. Новые данные по составу зоопланктона дельты реки Печора // Изв. Коми республ. отд-ния Рус. геогр. о-ва. – Сыктывкар: Геопринт, 2018. – Вып. 2: Результаты «Комплексной печорской экспедиции – 2016». – С. 56–64.
5. Палеоклимат полярных областей Земли в голоцене / Под общ. ред. Д.Ю. Большаинова, С.Р. Веркулича. – СПб.: ААНИИ, 2018. – 204 с.
6. Смирнов Н.Н. Историческая экология пресноводных зооценозов. – М.: Т-во науч. изд. КМК, 2010. – 225 с.
7. Смирнов Н.Н. Ветвистоусые раки (общая часть) // Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий / Под ред. С.Я. Цалолыхина. – СПб., 1995. – Т. 2: Ракообразные. – С. 34–38.
8. Nigmatzyanova G.R., Frolova L.A., Nigmatullin N.M., Valieva E.A. Vegetation and climate changes in the northeast European Russia (Nenets Autonomous Okrug, Russia) // 20th Int. Multidiscip. Sci. Geoconf. SGEM 2020. – 2020. – V. 20, No 4.1. – P. 547–552. – doi: 10.5593/sgem2020/4.1/s19.068.
9. Nigmatzyanova G.R., Frolova L.A., Nigmatullin N.M. Preliminary results of palynological investigation of lakes bottom sediments from Pechora Delta River // Limnol. Freshwater Biol. – 2020. – V. 3, No 4. – P. 498–499. – doi: 10.31951/2658-3518-2020-A-4-498.
10. Valieva E., Frolova L., Nigmatzyanova G., Nigmatullin N., Gareev B. Diatoms in bottom sediments of the Arctic lake in the Pechora River delta (Nenets Autonomous Okrug, Russia) // 20th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2020. – 2020. – V. 20, No 4.1. – P. 391–398. – doi: 10.5593/sgem2020/4.1/s19.049.
11. Frolova L., Nigmatullin N., Frolova A. Paleolimnological studies of tundra lakes in the Pechora delta (Nenets Autonomous Region, Russia) // 18th Int. Multidiscip. Sci. Geoconf. SGEM 2018. – 2018. – V. 18, No 5.1. – P. 621–628. – doi: 10.5593/sgem2018/5.1/S20.080.
12. Frolova L., Nigmatullin N., Valieva E., Nigmatzyanova G. Cladoceran remains from the bottom sediments of the Arctic lake Arkto-Pimberto in the Pechora River delta // 20th Int. Multidiscip. Sci. Geoconf. SGEM 2020. – 2020. – V. 20, No 4.1. – P. 335–340. – doi: 10.5593/sgem2020/4.1/s19.042.
13. Van der Sluis T., Degteva S.V., Pedroli G.B.M. The Pechora River (Russia): Reference system for Northwest European rivers? // Int. Conf. “Towards Natural Flood Reduction Strategies”, Warsaw, 6–13 Sept. 2003. – 2003. – P. 1–7.
14. Лукин А.А., Даувальтер В.А., Новоселов А.П. Экосистема реки Печоры в современных условиях. – Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2000. – 192 с.
15. Никонова А.Н. Трансформация экосистем дельты Печоры в зоне влияния Кумжинского газоконденсатного месторождения (Ненецкий автономный округ): Дис. ... канд. геогр наук. – М., 2016. – 163 с.
16. Korhola A., Rautio M. Cladocera and other branchiopod crustaceans // Smol J.P., Birks H.J.B., Last W.M. (Eds.) Tracking Environmental Change Using Lake Sediments.

- Developments in Paleoenvironmental Research. V. 4. – Dordrecht: Springer, 2001. – P. 5–41. – doi: 10.1007/0-306-47671-1_2.
17. *Котов А.А., Синев А.Ю., Глаголев С.М., Смирнов Н.Н.* Ветвистоусые ракообразные (Cladocera) // Алексеев В.Р., Цалолихин С.Я. (ред.) Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т. 1: Зоопланктон. – М.: Г-во науч. изд. КМК, 2010. – С. 151–276.
 18. *Смирнов Н.Н.* Фауна СССР. Ракообразные / Ред. Б.Е. Быховский. – Л.: Наука, 1971. – Т. I, Вып. 2: Chydoridae фауны мира. – 533 с.
 19. *Szeroczyńska K., Sarmaja-Korjonen K.* Atlas of Subfossil Cladocera from Central and Northern Europe. – Świecie: Friends of the Lower Vistula Society. – 2007. – 84 p.
 20. *Любарский Е.Л.* К методике экспресс-квалификации и сравнения описаний фитоценозов // Количественные методы анализа растительности: Материалы IV Всесоюз. совещания по проблеме «Применение количественных методов в анализе структуры растительности». – Уфа: БФАН СССР, 1974. – С. 123–125.
 21. *Shannon C., Weaver W.* The Mathematical Theory of Communication. – Illinois: Univ. Illinois Press, 1948. – 144 p.
 22. *Pielou E.C.* The measurement of diversity in different types of biological collections // J. Theor. Biol. – 1966. – V. 13. – P. 131–144. – doi: 10.1016/0022-5193(66)90013-0.
 23. *Песенко Ю.А.* Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. – М.: Наука, 1982. – 287 с.
 24. *Алекин О.А.* Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеиздат, 1953. – 296 с.
 25. *Sweetman J.N., Sarmaja-Korjonen K.* First evidence for the occurrence of *Unapertura* (Crustacea, Branchiopoda, Anomopoda, Chydoridae) in North America based on subfossil remains // J. Paleolimnol. – 2017. – V. 58, No 3. – P. 291–297. – doi: 10.1007/S10933-017-9978-7.

Поступила в редакцию
08.07.2021

Нигматуллин Нияз Маратович, младший научный сотрудник НИЛ «Палеоклиматология, палеоэкология, палеомагнетизм» ИГиНГТ

Казанский (Приволжский) федеральный университет
ул. Кремлевская, д. 18, г. Казань, 420008, Россия
E-mail: niyaz.nigmatullin.1995@mail.ru

Нигаматзянова Гульнара Ришатовна, научный сотрудник НИЛ «Палеоклиматология, палеоэкология, палеомагнетизм» ИГиНГТ

Казанский (Приволжский) федеральный университет
ул. Кремлевская, д. 18, г. Казань, 420008, Россия
E-mail: gurnigamatzyanova@kpfu.ru

Валиева Эльвира Альбертовна, младший научный сотрудник НИЛ «Палеоклиматология, палеоэкология, палеомагнетизм» ИГиНГТ

Казанский (Приволжский) федеральный университет
ул. Кремлевская, д. 18, г. Казань, 420008, Россия
E-mail: zinnatova.1994@mail.ru

Фролова Лариса Александровна, кандидат биологических наук, доцент кафедры зоологии и общей биологии

Казанский (Приволжский) федеральный университет
ул. Кремлевская, д. 18, г. Казань, 420008, Россия
E-mail: Larissa.Frolova@kpfu.ru

ORIGINAL ARTICLE

doi: 10.26907/2542-064X.2021.3.527-537

**Recent Cladocera (Branchiopoda, Crustacea)
in the Taphocenoses of Lakes of the Pechora River Delta (Russia)**N.M. Nigmatullin^{*}, G.R. Nigamatzyanova^{**}, E.A. Valieva^{***}, L.A. Frolova^{****}

Kazan Federal University, Kazan, 420008 Russia

E-mail: ^{*}niyaz.nigmatullin.1995@mail.ru, ^{**}gurnigamatzyanova@kpfu.ru,
^{***}zinnatova.1994@mail.ru, ^{****}Larissa.Frolova@kpfu.ru

Received July 8, 2021

Abstract

This paper presents the results of the hydrochemical, hydrobiological, and paleolimnological studies of 17 Arctic lakes in the Pechora River delta. Water samples and surface sediments were collected during the 2020 summer expedition to the Nenets State Nature Reserve. Based on the chemical composition of their waters, the studied lakes belong to the chloride class, sodium group II. Overall, they are characterized by shallow depths typical of this region, low mineralization (below 200 mg/L) and water hardness, as well as high dissolved oxygen levels. To assess the ecological status of the lakes, cladocerans and their subfossil remains, which have been widely recognized as reliable indicators for tracking long-term changes in the development of freshwater ecosystems, were analyzed. A total of 23 cladoceran taxa were identified. The dominant species were *Bosmina longispina* (Leydig, 1860) and *Chydorus* cf. *sphaericus* (Müller, 1776) – either of these species, often displacing each other, prevailed in the lakes. Other cladoceran species were low-abundant and found sporadically: *Sida crystallina* (Müller, 1776), *Pleuroxus uncinatus* (Baird, 1850), *Coronatella rectangula* (Sars, 1862), and *Bythotrephes longimanus* (Leydig, 1860). The study also reports the first finding of *Rhynchotalona latens* (Sarmaja-Korjonen, Hakojarvi and Korhola, 2000), a rare glacial relict species with a narrow distribution range, in this region of Russia. The zoogeographical analysis of the data obtained on the identified taxa showed that species typical of the Palearctic and Holarctic zones prevail in the cladoceran communities under study.

Keywords: paleolimnological analysis, Arctic lakes, Pechora River delta, Cladocera

Acknowledgments. The analysis of subfossil cladocerans was supported by the Russian Science Foundation (project no. 20-17-00135). The fieldwork was funded by the subsidy allocated to Kazan Federal University for state assignment no. 671-2020-0049 in the sphere of scientific activities, as well as by the Kazan Federal University Strategic Academic Leadership Program.

Figure Captions

Fig. 1. Map of the lakes in the Pechora River delta that were studied in 2020.

References

1. Cherevichko A.V., Mel'nik M.M., Prokin A.A., Glotov A.S. Current state of zooplankton and macrozoobenthos of the lower reaches of the Pechora River (Nenets Autonomous Okrug). *Voda: Khim. Ekol.*, 2011, no. 9, pp. 53–59. (In Russian)
2. Novichkova A.A. Microcrustaceans (Cladocera, Copepoda) of inland water bodies of the Arctic islands and patterns of their distribution at high latitudes. *Diss. Cand. Biol. Sci.* Moscow, 2015. 172 p. (In Russian)

3. Nigamatzyanova G.R., Frolova L.A., Chetverova A.A., Fedorova I.V. Hydrobiological investigation of channels in the mouth region of the Lena River. *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Estestvennye Nauki*, 2015, vol. 157, no. 4, pp. 96–108. (In Russian)
4. Fefilova E.B. New data on zooplankton structure of the Pechora delta. *Izv. Komi Resp. Otd. Russ. Geogr. O-va. Syktyvkar, Geoprint*, 2018, no. 2: Results of the Complex Pechora Expedition in 2016, pp. 56–64. (In Russian)
5. *Paleoklimat polyarnykh oblastei Zemli v golotsene* [Paleoclimate of the Polar Regions of the Earth in the Holocene]. Bol'shiyanov D.Yu., Verkulich S.R. (Eds.). St. Petersburg, AANII, 2018. 204 p. (In Russian)
6. Smirnov N.N. *Istoricheskaya ekologiya presnovodnykh zootsenozov* [Historical Ecology of Freshwater Zoocenoses]. Moscow, Tov. Nauchn. Izd. KMK, 2010. 225 p. (In Russian)
7. Smirnov N.N. Cladocerans (general part). In: *Opredelitel' presnovodnykh bespozvonochnykh Rossii i sopredel'nykh territorii* [Identification Guide to Freshwater Invertebrates of Russia and Adjacent Countries]. Vol. 2: Crustaceans. Tsalolikhin S.Ya. (Ed.). St. Petersburg, 1995, pp. 34–38. (In Russian)
8. Nigamatzyanova G.R., Frolova L.A., Nigmatullin N.M., Valieva E.A. Vegetation and climate changes in the northeast European Russia (Nenets Autonomous Okrug, Russia). *Proc. 20th Int. Multidiscip. Sci. Geocnf. SGEM 2020*, 2020, vol. 20, no. 4.1., pp. 547–552. doi: 10.5593/sgem2020/4.1/s19.068.
9. Nigamatzyanova G.R., Frolova L.A., Nigmatullin N.M. Preliminary results of palynological investigation of lakes bottom sediments from Pechora Delta River. *Limnol. Freshwater Biol.*, 2020, vol. 3, no. 4, pp. 498–499. doi: 10.31951/2658-3518-2020-A-4-498.
10. Valieva E., Frolova L., Nigamatzyanova G., Nigmatullin N., Gareev B. Diatoms in bottom sediments of the Arctic lake in the Pechora River delta (Nenets Autonomous Okrug, Russia). *Proc. 20th Int. Multidiscip. Sci. Geocnf. SGEM 2020*, 2020, vol. 20, no. 4.1, pp. 391–398. doi: 10.5593/sgem2020/4.1/s19.049.
11. Frolova L., Nigmatullin N., Frolova A. Paleolimnological studies of tundra lakes in the Pechora delta (Nenets Autonomous Region, Russia). *Proc. 18th Int. Multidiscip. Sci. Geocnf. SGEM 2018*, 2018, vol. 18, no. 5.1., pp. 621–628. doi: 10.5593/sgem2018/5.1/S20.080.
12. Frolova L., Nigmatullin N., Valieva E., Nigamatzyanova G. Cladoceran remains from the bottom sediments of the Arctic lake Arkto-Pimberto in the Pechora River delta. *Proc. 20th Int. Multidiscip. Sci. Geocnf. SGEM 2020*, 2020, vol. 20, no. 4.1, pp. 335–340. doi: 10.5593/sgem2020/4.1/s19.042.
13. Van der Sluis T., Degteva S.V., Pedroli G.B.M. The Pechora River (Russia): Reference system for Northwest European rivers? *Proc. Int. Conf. "Towards Natural Flood Reduction Strategies"*, Warsaw, 6–13 Sept. 2003, 2003, pp. 1–7 p.
14. Lukin A.A., Dauvalter V.A., Novoselov A.P. *Ekosistema reki Pechory v sovremennykh usloviyakh* [Ecosystem of the Pechora River in Modern Conditions]. Apatity, Izd. KNTs Ross. Akad. Nauk, 2000. 192 p. (In Russian)
15. Nikonova A.N. Transformation of floodplain ecosystems in the Pechora delta within the Kumzhinsk gas condensate field (Nenets Autonomous Okrug). *Diss. Cand. Geogr. Sci.* Moscow, 2016. 163 p. (In Russian)
16. Korhola A., Rautio M. Cladocera and other branchiopod crustaceans. In: Smol J.P., Birks H.J.B., Last W.M. (Eds.) *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Developments in Paleoenvironmental Research*. Vol. 4. Dordrecht, Springer, 2001, pp. 5–41. doi: 10.1007/0-306-47671-1_2.
17. Kotov A.A., Sinev A.Yu., Glagolev S.M., Smirnov N.N. Cladocerans (Cladocera). In: Alekseev V.R., Tsalolikhin S.Ya. (Eds.) *Opredelitel' zooplanktona i zoobentosa presnykh vod Evropeiskoi Rossii* [Identification Guide to Zooplankton and Benthos of Freshwater Bodies of the European Russia.]. Vol. 1: Zooplankton. Moscow, Tov. Nauchn. Izd. KMK, 2010, pp. 151–276. (In Russian)
18. Smirnov N.N. *Fauna SSSR. Rakoobraznye* [Fauna of the USSR. Crustacea]. Bykhovskii B.E. (Ed.). Leningrad, Nauka, 1971, vol. I, no. 2: Chydoridae fauna of the world. 533 p. (In Russian)
19. Szeroczyńska K., Sarmaja-Korjonen K. Atlas of Subfossil Cladocera from Central and Northern Europe. Świecie, Friends Lower Vistula Soc., 2007. 84 p.
20. Lyubarsky E. L. To the methodology of express qualification and comparison of the descriptions of phytocenoses. *Kolichestvennye metody analiza rastitel'nosti: Materialy IV Vsesoyuz. soveshaniya po probleme "Primenenie kolichestvennykh metodov v analize struktury rastitel'nosti"* [Quantitative

- Methods of Vegetation Analysis: Proc. IV All-Union Conf. on "Using Quantitative Methods in Vegetation Structure Analysis"]. Ufa, BFAN SSSR, 1974, pp. 123–125. (In Russian)
21. Shannon C., Weaver W. *The Mathematical Theory of Communication*. Illinois, Univ. Illinois Press, 1948. 144 p. (In Russian)
 22. Pielou E. C. The measurement of diversity in different types of biological collections. *J. Theor. Biol.*, 1966, vol. 13, pp. 131–144. doi: 10.1016/0022-5193(66)90013-0.
 23. Pesenco Yu.A. *Printsipy i metody kolichestvennogo analiza v faunisticheskikh issledovaniyakh* [Principles and Methods of Quantitative Analysis in Faunal Research], Moscow, Nauka, 1982. 287 p. (In Russian)
 24. Alekin O.A. *Osnovy gidrokhimii* [Fundamentals of Hydrochemistry]. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1953. 296 p. (In Russian)
 25. Sweetman J.N., Sarmaja-Korjonen K. First evidence for the occurrence of *Unapertura* (Crustacea, Branchiopoda, Anomopoda, Chydoridae) in North America based on subfossil remains. *J. Paleolimnol.*, 2017, vol. 58, no. 3, pp. 291–297. doi: 10.1007/S10933-017-9978-7.

Для цитирования: Нигматуллин Н.М., Нигаматзянова Г.Р., Валиева Э.А., Фролова Л.А. Рецентные Cladocera (Branchiopoda, Crustacea) в тафоценозах озер дельты реки Печоры // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. – 2021. – Т. 163, кн. 3. – С. 527–537. – doi: 10.26907/2542-064X.2021.3.527-537.

For citation: Nigmatullin N.M., Nigamatzyanova G.R., Valieva E.A., Frolova L.A. Recent Cladocera (Branchiopoda, Crustacea) in the taphocenoses of lakes of the Pechora River delta (Russia). *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Estestvennyye Nauki*, 2021, vol. 163, no. 3, pp. 527–537. doi: 10.26907/2542-064X.2021.3.527-537. (In Russian)