

УДК 574.5(285.2)

ПЕРВАЯ НАХОДКА СИБИРСКОГО ДИАПТОМУСА *Leptodiaptomus* cf. *angustilobus* (Copepoda: Calanoida) В ЕВРОПЕ

© 2023 г. В. С. Жихарев^{a, *}, Е. Б. Фефилова^b, М. А. Терешина^c, О. П. Дубовская^{d, e},
Д. Е. Гаврилко^a, Г. В. Шурганова^a

^aНижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород, Россия

^bИнститут биологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии, Сыктывкар, Россия

^cМосковский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

^dИнститут биофизики Сибирского отделения Российской академии наук, Красноярск, Россия

^eСибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

*e-mail: slava.zhiharev@bk.ru

Поступила в редакцию 20.10.2022 г.

После доработки 02.05.2023 г.

Принята к публикации 20.05.2023 г.

Впервые на территории Европы обнаружен сибирский диаптомус, идентифицированный как *Leptodiaptomus* cf. *angustilobus* (Sars G.O., 1898) (Россия, Нижегородская обл., устьевая область р. Керженец (Средняя Волга), 56°6'5" с.ш., 44°57'28" в.д.). Представлены краткое описание и иллюстрации найденного вида. Проанализированы различия в строении самок (в морфометрии абдоминальных сегментов, длине антеннул и размере пятой пары торакальных конечностей) из Нижегородской области и Сибири. Получены данные по количественному развитию *L. cf. angustilobus* в планктоне устьевой области р. Керженец. Описаны условия обитания нового для этого региона вида Diaptomidae.

Ключевые слова: биогеография, неаборигенная фауна, Diaptomidae, Calanoida, устьевая область, р. Керженец, Средняя Волга, Европа

DOI: 10.31857/S0320965223050182, **EDN:** NANFHG

Таксономия и систематика веслоногих ракообразных, в частности, представителей сем. Diaptomidae Baird, 1850 из-за слабой изученности актуальны для этой группы (Marrone, Naselli-Flores, 2005; Bekleyev et al., 2017; Podshivalina, Sheveleva, 2018; Шевелева и др., 2020а, 2020б и др.). Дополнительная проблема при идентификации новых находок ракообразных рода *Leptodiaptomus* сем. Diaptomidae — дизъюнкция ареалов известных видов, связанная с историческими предпосылками и экологией рода: большинство его представителей холодолюбивы (Elías-Gutiérrez et al., 1999). Из 21 вида *Leptodiaptomus* подавляющее большинство (18) зарегистрировано в Северной Америке (Elías-Gutiérrez et al., 1999). Известно (Боруцкий и др., 1991), что в Европе (Северная Европа, Исландия) из этого рода обитает единственный вид — *L. minutus* (Lilljeborg in Guerne & Richard, 1889). Два других вида *Leptodiaptomus*, отмеченные в Евразии, никогда не встречались в Европе: *L. tyrrelli* (Poppe, 1888) указан для п-ва Камчатка (Боруцкий, 1991), *L. angustilobus* (Sars G.O., 1898) встречается на севере Сибири и Дальнем Востоке (Боруцкий и др., 1991; Абызова и др., 2012; Fefilova et al., 2021; Schartau et al., 2022). Последний вид наиболее распро-

странен в восточной части Евразии, известен из озер п-ова Ямал, Обской губы (Лещинская, 1962), устьевой области р. Енисей (Рылов, 1930; Пирожников, 1937), озер п-ова Таймыр и западных отрогов плато Путорана (Dubovskaya et al., 2010; Fefilova et al., 2021), устьевой области р. Лена (Fefilova et al., 2021) и бассейнов рек Индигирка (Fefilova et al., 2021), Яна (Sars, 1898), Колыма и Анадырь (Стрелецкая, 1975; Streletskaia, 2010), п-ова Камчатка (Куренков, 1970; Вецлер, 2017). Находка *L. cf. angustilobus* в более южных широтах может быть следствием деятельности человека, а также влиянием целого спектра более естественных факторов, включая изменение климата: расширение ареалов или массовое развитие видов, некогда считавшихся редкими, все чаще описывается как последствие изменения климата и становится все более заметным явлением (Podshivalina, Sheveleva, 2018; Гаврилко и др., 2020; Zhikharev et al., 2020; Alekseev, 2021; Fefilova, 2021; Kotov et al., 2022; Лазарева и др., 2022 и др.).

В июле 2019 г. проведены гидробиологические исследования зоопланктона р. Керженец — левого притока Чебоксарского водохранилища (56°6'5" с.ш., 44°57'28" в.д., Средняя Волга, Ни-

жегородская обл., европейская часть России). Это средняя река, ее протяженность 290 км, площадь бассейна 6140 км², расход воды в устьевой области 19.6 м³/с. Пробы собирали путем фильтрации воды (100–200 л) через планктонную сеть (размер ячеек 70 мкм) с последующей фиксацией 4%-ным формалином.

Взрослые особи и копепоидитные стадии *L. cf. angustilobus* (рис. 1; рис. 2) были обнаружены в устьевой области реки на относительно небольших глубинах (1.47 ± 0.77 м). Прозрачность воды была 0.80 ± 0.10 м, температура — $19.2\text{--}21.7^\circ\text{C}$, отмечено высокое содержание биогенных веществ (ТР (общий фосфор) = 0.18 ± 0.04 мг/л; ТН (общий азот) = 0.50 ± 0.05 мг/л) и растворенного кислорода (8.13 ± 0.05 мг/л). У всех особей *L. cf. angustilobus* измеряли длину тела, дифференцировали на самок и самцов, а также определяли, на каких копепоидитных стадиях находятся неполовозрелые особи.

Была поставлена задача описать представителя рода *Leptodiptomus*, впервые найденного в бассейне Средней Волги, и сравнить его с *L. angustilobus* из сибирского региона (плато Путорана).

Для сравнения по морфологии найденных *Leptodiptomus* использовали самок, в том числе с яйцевыми мешками, самцов и копепоидитов *L. angustilobus* из оз. Вера в бассейне р. Ендэ (притока второго порядка р. Енисей, Сибирь, $67^\circ 26' 33''$ с.ш., $91^\circ 19' 26''$ в.д.), собранных в августе 2003 г. (Dubovskaya et al., 2010). Морфологический анализ проводили под стереомикроскопом Carl Zeiss Primo Star (Carl Zeiss AG, Германия). Рисунки выполняли с помощью рисовального аппарата на микроскопе Leica MD 4000 B (Leica Microsystems, Германия) и редактировали в программах Xara Photo и Graphic Designer 6.

Ниже приводится описание особей *Leptodiptomus* из р. Керженец (Нижегородская обл.) и сравнение их с таковыми из оз. Вера (плато Путорана, Сибирь).

Самка (рис. 1). Длина тела 1.17–1.35 мм. Антеннулы доходят до переднего края каудальных ветвей (рис. 1а). Последний торакальный сегмент с оттянутыми в короткие треугольные лопасти задними краями (рис. 1б). Генитальный сегмент лишь немного длиннее своей ширины, слабо расширен в проксимальной части, с маленькими сенсорными шипиками по бокам (рис. 1б). Пятая пара ног (P5) крупная, превышает длину генитального сегмента (рис. 1в). Длина первого членика экзоподита P5 более, чем в 2 раза превышает ширину (рис. 1г). Вырост второго членика экзоподита P5 длинный (равен длине первого членика экзоподита), его внутренний край покрыт мелкими шипиками. Третий членик экзоподита редуцирован, слит со вторым члеником, несет две длинные щетинки и один шип. Эндоподит P5 ра-

вен по длине первому членику экзоподита, прямоугольной формы, несколько расширен в дистальной части и покрыт волосовидными щетинками, несет на внешнем конце заднего края тонкий длинный шипик и еще один более короткий — на дорсальной стороне дистального конца. На коксоподите P5 имеется шип (рис. 1г). Самки из Нижегородской обл. отличались от сибирских по длине антеннул (у сибирских особей антеннулы немного превышали длину тела рачка), в пропорциях абдоминальных сегментов (у сибирских особей длина генитального сегмента превышала совокупную длину второго и третьего (анального) сегментов абдомена). Имелись некоторые отличия и в строении P5: у самок из оз. Вера на редуцированном третьем членике экзоподита три шипика/щетинки почти равной длины. Строение плавательных торакальных конечностей у особей из р. Керженец и оз. Вера были идентичны. Длина тела самок из Сибири достигала 1.23–1.40 мм.

Самец (рис. 2). Длина тела варьирует от 1.02 до 1.18 мм. На внешнем крае 8, 10, 11, 13-го члеников их геникулирующей антеннулы имеются крупные шипы, на 15-м членике — шипообразный вырост (рис. 2а, указаны стрелками). Третий от конца членик геникулирующей антеннулы без отростка, с небольшой гиалиновой мембраной в дистальной части внешнего края. Базиподит правой P5 удлинённый, с вогнутым внутренним краем (рис. 2в), первый членик экзоподита без выростов, примерно в 2 раза короче базиподита. Второй членик экзоподита правой P5 (рис. 2г) удлинённый, с выпуклым наружным и вогнутым внутренним краем, боковой шип короткий, прикреплен на середине членика и смещен на его спинную сторону. Хватательный коготь на втором членике экзоподита правой P5 длинный (длиннее членика) и мощный, его внутренний край покрыт мелкими шипиками (рис. 2г, указано стрелкой). Эндоподит правой P5 (рис. 2в) короткий, достигает середины первого членика экзоподита, конический, покрыт очень мелкими щетинками. Первый членик экзоподита левой P5 (рис. 2б, 2е) без вооружения и выростов на внутреннем крае; второй членик экзоподита левой P5 вздут в проксимальной части и покрыт мелкими шипиками, несет дистальный отросток и внутренний придаток, из которых внутренний покрыт мелкими шипиками. Эндоподит левой P5 (рис. 2б, 2е) одночлениковый (или неясно двучлениковый), конический, крупный — достигает середины второго членика экзоподита. На коксоподите имеется маленький, едва заметный сенсорный шип. Самцы, найденные в р. Керженец, не отличались в строении антеннул и P5 от самцов из оз. Вера (рис. 2д, 2е). Длина тела самцов из Сибири достигала 1.0–1.2 мм. Размеры особей из Нижегородской обл. в целом соответствовали таковым *L. angustilobus* из его основного ареала (Боруцкий и др., 1991). Морфология ис-

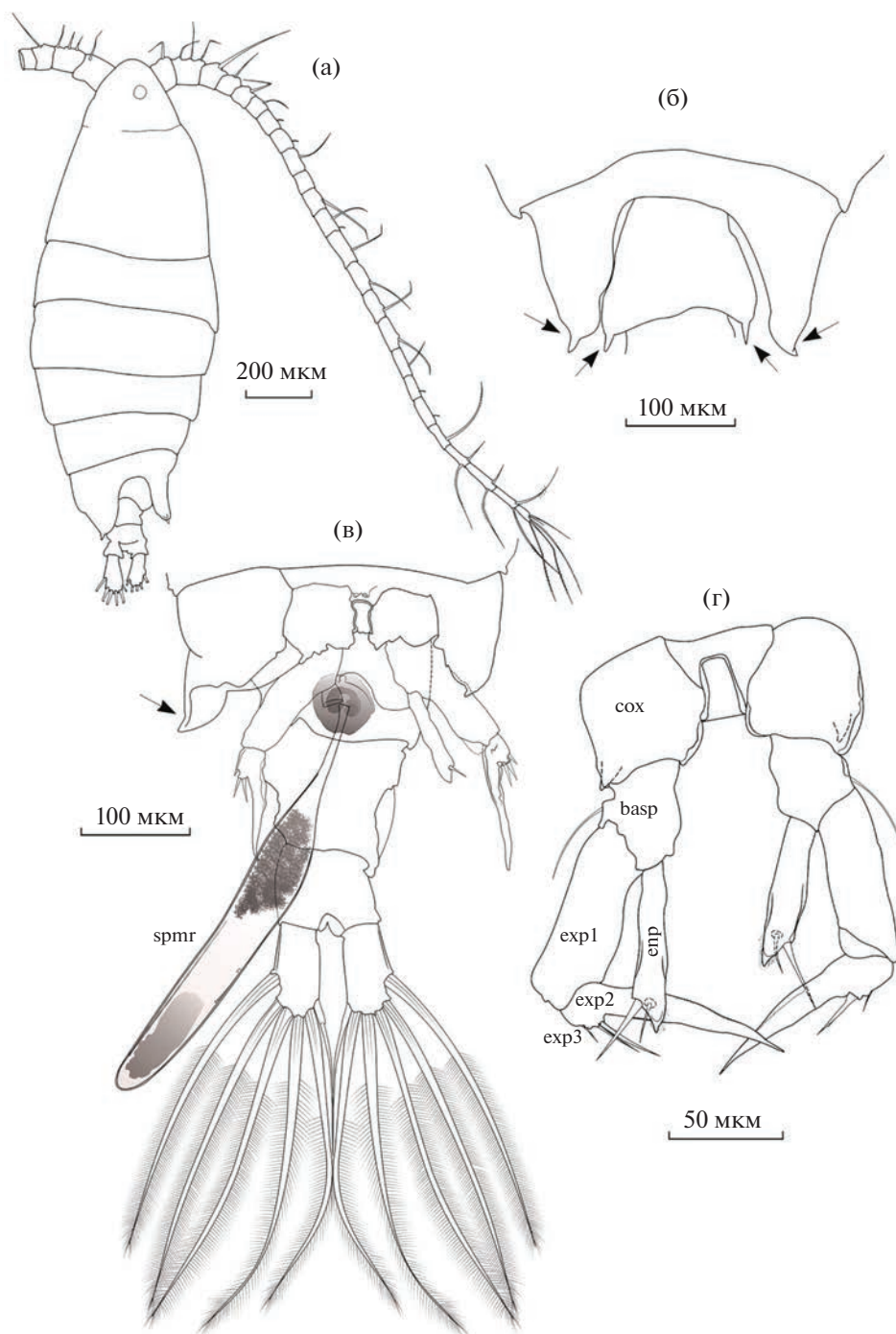


Рис. 1. Самка *Leptodiaptomus* cf. *angustilobus* (Sars G.O., 1898): а — общий вид, б — последний торакальный и генитальный сегменты, в — abdomen вентрально, г — пятая пара ног (P5). basp — базиподит, cox — коксиподит, enr — эндоподит, exp1—exp3 — первый—третий членики экзоподита, spmtr — сперматофор. Стрелками указаны лопасти на последнем торакальном сегменте и шипики на генитальном сегменте.

следованных нами самок *Leptodiaptomus* из Сибири соответствовала описанной ранее (Sars, 1898; Боруцкий и др., 1991).

Таким образом, при изучении морфологии обнаруженных особей установлено, что по ряду диагностических признаков (редуцированный тре-

тий членик экзоподита P5 и эндоподит P5 самки с двумя короткими шиповидными щетинками; вооружение 10, 11 и 13-го члеников геникулирующей антеннулы, строение экзоподита левой и правой ног самца) относится к роду *Leptodiaptomus*. Из-за отсутствия боковых выростов на гени-

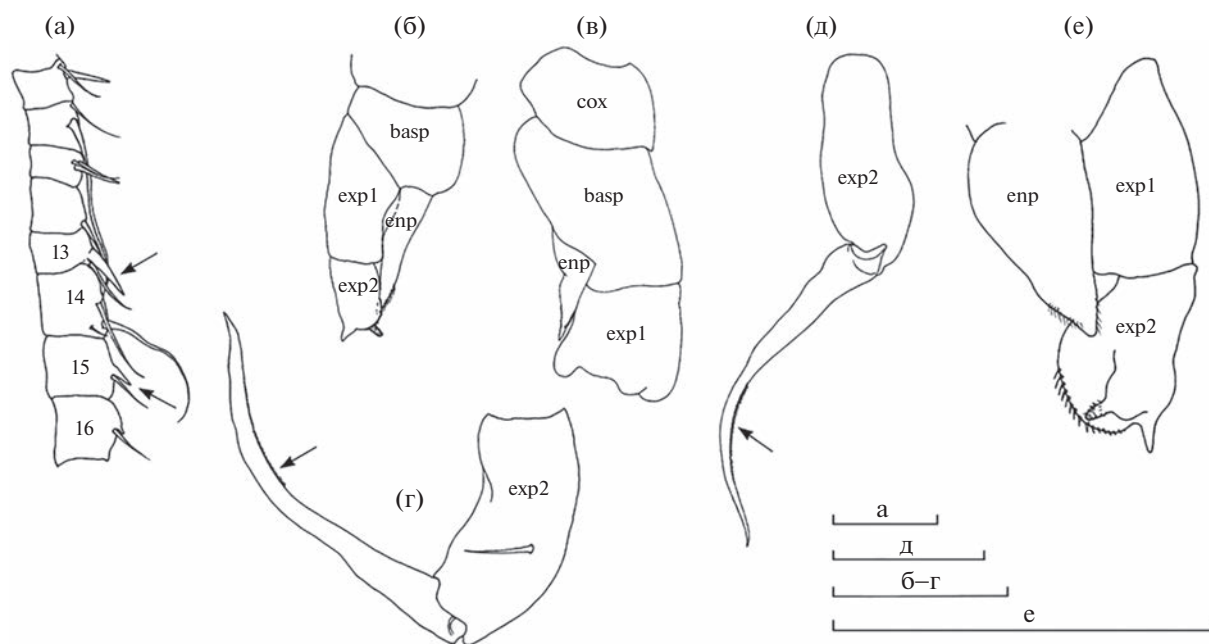


Рис. 2. Самец *Leptodiatomus* cf. *angustilobus* из р. Керженец (а–г) и из оз. Вера (д, е): а – средняя часть геникулирующей антеннулы (членики пронумерованы – 13, 14, 15, 16), б, е – левая P5; в – правая P5 (частично), г, д – экзоподит правой P5. Стрелками обозначены шипы и шипообразные выросты (а), а также хватательный коготь с шипиками (г, д). Остальные обозначения, как на рис. 1. Масштаб – 100 мкм.

тальном сегменте и наличия трехсегментного абдомена самки, а также из-за отсутствия отростка на третьем с конца членике геникулирующей антенны и отсутствия пластинчатого выроста на внутреннем крае первого членика экзоподита правой P5 самца особи из Нижегородской обл. с высокой долей вероятности не относятся к *L. minutus* или *L. thyrrelli*. На основе полученных данных можно сказать, что обнаруженные особи наиболее сходны с *L. angustilobus*. Выявленные некоторые отличия в строении исследованных нами особей из р. Керженец от такового в описании Боруцкого с соавт. (1991) и рачков из оз. Вера служат основанием для уточнения их систематического положения с применением морфологического исследования большого числа популяций *L. angustilobus* из Нижегородской обл., Сибири и, возможно, Северной Америки, а также методов молекулярной генетики.

В устьевой области р. Керженец численность самок была выше, чем самцов, копепоиды встречались редко. Доля самок в общей численности зоопланктона была почти в три раза больше, чем самцов. Доля самок в общей численности и биомассе копепоид достигала 41.7 и 63.1% соответственно. В целом роль вида в сообществе зоопланктона была высокой. Считается (Куренков, 1970; Боруцкий и др., 1991), что в водоемах Сибири *L. angustilobus* моноцикличен и размножается при температуре 1.5–3.0°C преимущественно в январе. Науплиусы встречаются с февраля по

сентябрь, копепоиды с конца июня, взрослые особи – в декабре. В то же время, в работе (Dubovskaya et al., 2010) отмечено, что в водоемах плато Путорана (в том числе в озерах бассейна р. Ендэ) половозрелые самки *L. angustilobus* (с яйцами и сперматофорами) были обнаружены также в летний период (начало августа), однако при более низкой, чем в р. Керженец температуре воды (16.1°C у поверхности, 6.9°C у дна). При этом доля половозрелых и старших копепоидов в биомассе сетного зоопланктона доходила до 47%.

Бассейн нижнего течения р. Керженец относится к малоизученным, не исследованы придаточные водоемы, старицы и пойменные озера, которые могут служить местообитаниями новых для региона видов Diaptomidae. Так, в период 2006–2020 гг. в пойме р. Сура (приток Чебоксарского водохранилища) и бассейне р. Выгедга (приток р. Северная Двина) обнаружены представители сибирского-берингийского рода *Nordodiatomus* (Podshivalina, Sheveleva, 2018; Fefilova, 2021). Кроме того, в 2017–2020 гг. в устьевой области р. Керженец и ряде рек бассейна Горьковского и Чебоксарского водохранилищ был обнаружен кладоцера *Ovalona karelica* (Stenroos, 1987), считающаяся эндемиком Западной Палеарктики (Sinev, Gavrilko, 2020).

Выводы. В 2019 г. впервые на территории Европы был обнаружен сибирско-берингийский веслоногий рак, идентифицированный как *L. cf. angustilobus*. Подобные находки – следствие не

только глобального изменения климата, но и, вероятно, активной деятельности человека во внутренних водных путях и, как в нашем случае, главной водной артерии Европы — р. Волга. Устьевые области притоков равнинных водохранилищ, как системы сопряжения река-водохранилище, уникальны по своей неоднородности и смешению местообитаний, и могут служить источниками расселения редких и чужеродных видов зоопланктона (Гаврилко и др., 2020; Лазарева и др., 2022; Zhikharev et al., 2020), выступая акклиматизационными биотопами и естественными рефугиумами.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в рамках темы НИР Института биологии Коми НЦ УрО РАН 122040600025-2, Государственных заданий Министерства науки и высшего образования РФ (проекты № 0287-2021-0019 и № FS-RZ-2020-0006), при финансовой поддержке Русского географического общества (проекты 02/2019-Р, 17-2022-Р “Экспедиция плавучего университета Волжского бассейна”), а также Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 20-34-90097).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Абызова Г.А., Лавров А.И., Маркевич Г.Н. 2012. Видовой состав зоопланктона озера Кроноцкое летом 2010 г. // Тр. Кроноцкого гос. природ. биосфер. заповедника. Вып. 2. С. 182.
- Боруцкий Е.В., Степанова Л.А., Кос М.С. 1991. Определитель Calanoida пресных вод СССР. Л.: Наука.
- Вецлер Н.М. 2017. Многолетняя динамика и современное состояние зоопланктонного сообщества озера Дальнего // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и Северо-западной части Тихого океана. № 46. С. 42.
<https://doi.org/10.15853/2072-8212.2017.46.42-50>
- Куренков И.И. 1970. Жизненный цикл *Neutrodiaptomus angustilobus* (Sars) в оз. Дальнем (Камчатка) // Изв. ТИНРО. Т. 78. С. 157.
- Лазарева В.И., Жданова С.М., Сабитова Р.З. 2022. Расселение восточно-азиатской копеподы *Thermocyclops taihokuensis* (Harada, 1931) (Crustacea, Cyclopoida) в бассейне р. Волги // Биология внутренних вод. № 2. С. 147.
<https://doi.org/10.31857/S0320965222010065>
- Лещинская А.С. 1962. Зоопланктон и бентос Обской губы как кормовая база для рыб // Тр. Салехардского стационара Урал. филиала АН СССР. Вып. 2.
- Пирожников П.Л. 1937. Зоопланктон реки Енисей и Енисейской губы и его роль в питании рыб // Тр. Всесоюз. Арктич. ин-та. Т. 98. Л.: Изд-во Главсморпути. С. 1.
- Рылов В.М. 1930. Пресноводные Calanoida СССР // Определители организмов пресных вод СССР. Пресноводная фауна. Вып. 1. Л.: ВАСХНИЛ.
- Стрелецкая Э.А. 1975. К вопросу о систематическом положении некоторых пресноводных ракообразных (Cladocera, Copepoda) бассейна р. Колымы // Гидробиологические исследования внутренних водоемов Северо-Востока СССР. Владивосток. С. 60.
- Шевелева Н.Г., Енущенко И.В., Подшивалина В.Н. 2020а. Первая находка североамериканского диаптомыса *Nordodiaptomus alaskaensis* (Wilson 1951) (Crustacea, Diaptomidae) на территории России // Зоол. журн. Т. 99. № 2. С. 223.
<https://doi.org/10.31857/S0044513420020142>
- Шевелева Н.Г., Мишарина Е.А., Макаркина Н.В. 2020б. Новые данные о распространении и морфологических особенностях Cladocera (Daphniidae Straus, 1820) и Copepoda (Diaptomidae Sars, 1903, Cyclopidae Dana, 1846) в озере Байкал // Изв. Иркутского государственного университета. Серия Биология. Экология. Т. 31. С. 76.
<https://doi.org/10.26516/2073-3372.2020.31.76>
- Alekseev V.R. 2021. Confusing Invader: *Acanthocyclops americanus* (Copepoda: Cyclopoida) and Its Biological, Anthropogenic and Climate-Dependent Mechanisms of Rapid Distribution in Eurasia // Water. V. 13. № 10.
<https://doi.org/10.3390/w13101423>
- Bekleyen A., Gokot B., Varol M. 2017. First Record of the Genus *Phyllodiaptomus* Kiefer (Copepoda, Calanoida, Diaptomidae) from Turkey // Turkish J. Fish Aquat. Sci. № 17. P. 445.
https://doi.org/10.4194/1303-2712-v17_2_24
- Dubovskaya O.P., Kotov A.A., Korovchinsky N.M. et al. 2010. Zooplankton of Lakes in the Spurs of the Putorana Plateau and Adjacent Territories (North of Krasnoyarsk Krai) // Contemp. Probl. Ecol. V. 3. № 4. P. 401.
- Elías-Gutiérrez M., Suárez-Morales E., Romano-Márquez B. 1999. A new species of *Leptodiaptomus* (Copepoda, Diaptomidae) from Northwestern Mexico with comments on the distribution of the genus // J. Plankton Res. V. 21. № 4. P. 603.
<https://doi.org/10.1093/plankt/21.4.603>
- Fefilova E.B. 2021. Records of the Siberian–Beringian Genus *Nordodiaptomus* (Copepoda, Calanoida) from the European Part of Russia // Biol. Bulletin. № 48. P. 1231.
<https://doi.org/10.1134/S1062359021080069>
- Fefilova E.B., Dubovskaya O., Kononova O. et al. 2021. Data on taxa composition of freshwater zooplankton and meiobenthos across Arctic regions of Russia // Data in Brief. V. 36.
<https://doi.org/10.1016/j.dib.2021.107112>
- Kotov A.A., Karabanov D.P., Van Damme K. 2022. Non-indigenous Cladocera (Crustacea: Branchiopoda): from a few notorious cases to a potential global faunal mixing in aquatic ecosystems // Water. V. 14. № 18.
<https://doi.org/10.3390/w14182806>
- Marrone F., Naselli-Flores L. 2005. First record of a representative of the subfamily Paradiaptominae (Copepoda: Calanoida: Diaptomidae) in Italy: *Metadiaptomus chevreuxi* (Guerne & Richard, 1894) // J. Limnol. V. 64. № 1. P. 89.
<https://doi.org/10.4081/jlimnol.2005.89>
- Podshivalina V.N., Sheveleva N.G. 2018. Record of the Far Eastern species *Nordodiaptomus siberiensis* (Wilson, 1951) (Copepoda: Calanoida) in the European Part of Russia // Invert. Zool. V. 15. № 3. P. 292.
<https://doi.org/10.15298/invertzool.15.3.07>

- Sars G.O. 1898. The Cladocera, Copepoda and Ostracoda of the Jana expedition // *Ezhegodnik zoologicheskogo Muzeja Imperatorskoi Akademii Nauk*. V. 3. P. 324.
- Schartau A.K., Mariash H.L., Christoffersen K.S. et al. 2022. First circumpolar assessment of Arctic freshwater phytoplankton and zooplankton diversity: Spatial patterns and environmental factors // *Freshwater Biol.* V. 67. № 1. P. 141.
<https://doi.org/10.1111/fwb.13783>
- Sinev A.Yu., Gavrilko D.E. 2020. Examples of rare benthic Cladocera: two phytophilous species of Aloninae (Cladocera, Anomopoda, Chydoridae) from European Russia // *Зоол. журн.* Т. 99. № 11. С. 1242.
<https://doi.org/10.31857/S0044513420110069>
- Streletskaia E.A. 2010. Review of the Fauna of Rotatoria, Cladocera, and Copepoda of the Basin of the Anadyr' River // *Contemp. Probl. Ecol.* V. 3. № 4. P. 469.
- Zhikharev V.S., Neretina A.N., Zolotareva T.V. et al. 2020. *Ilyocryptus spinifer* Herrick 1882 (Crustacea, Branchiopoda, Cladocera): the first record of the species in the European fauna // *Biol. Bulletin.* V. 47. № 8. P. 930.
<https://doi.org/10.1134/S1062359020080178>

The First Record of the Siberian Species *Leptodiptomus* cf. *angustilobus* (Copepoda: Calanoida) in Europe

V. S. Zhikharev¹*, E. B. Fefilova², M. A. Tereshina³, O. P. Dubovskaya^{4, 5},
D. E. Gavrilko¹, and G. V. Shurganova¹

¹Laboratory of Water Ecosystems, Department of Ecology, Institute of Biology and Biomedicine, Lobachevsky State University, Nizhny Novgorod, Russia

²Institute of Biology, Komi Scientific Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russia

³Department of Hydrology, Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

⁴Institute of Biophysics, Krasnoyarsk Science Center, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Krasnoyarsk, Russia

⁵Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

*e-mail: slava.zhikharev@bk.ru

The Siberian species, identified as *Leptodiptomus* cf. *angustilobus* (Sars G.O., 1898), was found for the first time in Europe (Russia, Nizhny Novgorod Region, mouth region of the Kerzhenets River (Middle Volga), 56°6'5" N, 44°57'28" E). A brief morphology description with illustrations of the species is presented. Differences between females from the Nizhny Novgorod Region and Siberia in the morphometry of abdominal somites, antennules, and the fifth legs are shown. We also obtained data on abundance of *L.* cf. *angustilobus* in the plankton community of the mouth area of the Kerzhenets River and described habitat conditions of new for this region species of Diaptomidae.

Keywords: biogeography, non-native fauna, Diaptomidae, Calanoida, estuarine area, Kerzhenets River, Middle Volga, Europe