

ДИНАМИКА РАССЕЛЕНИЯ *MICRUROPUS POSSOLSKII* SOWINSKY, 1915 (AMPHIRODA, CRUSTACEA) В ЛАДОЖСКОМ ОЗЕРЕ

© 2020 Курашов Е.А.^{a, b, *}, Трифонова М.С.^a, Барбашова М.А.^a

^a Институт озераедения Российской академии наук, Санкт-Петербург, 196105, Россия;

^b Санкт-Петербургский филиал федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» («ГосНИОРХ» им. Л.С. Берга), Санкт-Петербург, 199053, Россия;
e-mail: *evgeny_kurashov@mail.ru

Поступила в редакцию 28.06.2019. После доработки 03.04.2020. Принята к публикации 11.08.2020.

Среди чужеродных видов Ладожского озера ведущую роль играют амфиподы, в составе которых всё большее значение приобретает байкальский вид *Micruropus possolskii* Sowinsky, 1915. Цель публикации – представить уточнённые данные о появлении *M. possolskii* в Ладожском озере, а также о временной и пространственной динамике его развития и расселения в водоёме. Первоначально вид зарегистрирован в Щучьем заливе Ладожского озера в 2003 г. Прослежено его распространение на юг вплоть до бухты Петрокрепость, где вид был обнаружен в 2017 г. Предполагается дальнейшее расселение вида в пределах Ладожского озера, его высокое количественное развитие в колонизированных биотопах и возможное распространение в Онежское озеро и Невскую губу Финского залива.

Ключевые слова: *Micruropus possolskii*, Ладожское озеро, непреднамеренная интродукция, динамика расселения, биологические инвазии.

Введение

Биологические инвазии чужеродных видов (как водных, так и наземных) – одна из наиболее значимых не только экологических, но и социально-экономических проблем во многих странах мира, включая Российскую Федерацию [Самые опасные..., 2018].

Многие из крупных озёр мира (Великие Лаврентьевские озёра, Великие африканские озёра, большие канадские озёра Виннипег и Манитоба, оз. Титикака, оз. Байкал, оз. Ладога, оз. Гатун и оз. Бива) подверглись вселению чужеродных видов [Panov, 1996; Hall, Mills, 2000; Atkinson, Domske, 2015; Havel et al., 2015]. При этом те виды, которые создали успешные натурализовавшиеся популяции, во многих случаях оказали серьёзное воздействие на экосистемы этих озёр посредством различных процессов, включая хищничество, сокращение численности местных видов, изменение среды обитания и конкуренцию [Hall, Mills, 2000; Natton et al., 2019].

Для крупнейшего европейского озера – Ладожского чужеродные виды в настоящее

время являются одним из важнейших факторов трансформации его экосистемы, особенно литоральной зоны, причём значение этого фактора будет возрастать по мере вселения новых и увеличения численности уже вселившихся видов [Курашов и др., 2018].

Среди чужеродных видов Ладожского оз. ведущую роль, по-видимому, играют амфиподы [Berezina, 2007; Литоральная зона..., 2011; Kurashov et al., 2012; Курашов и др., 2018; Трифонова и др., 2018], в составе которых всё большее значение приобретает впервые обнаруженный в 2012 г. *Micruropus possolskii* Sowinsky, 1915 [Barbashova и др., 2013].

M. possolskii относится к Байкальскому комплексу чужеродных видов [Takhteev et al., 2015], и к настоящему времени известно о его натурализации кроме Ладожского оз. также в водоёмах бассейна Верхней Оби, Ириклинском вдхр. и р. Урал [Визер, 2010; Филинова, 2012, 2018]. Возможно, небольшое число водоёмов, для которых доказана натурализация этого вида, связано с недостаточно интенсивными исследованиями последствий интродук-

ции *M. possolskii*, которая осуществлялась (часто непреднамеренно) совместно с *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing, 1899) не менее чем в 44 водоёме России, Казахстана и Средней Азии [Задоевко и др., 1985; Задоевко, 1995].

После обнаружения в 2012 г. *M. possolskii* в Ладожском оз. неизбежно возник вопрос о времени его проникновения в озеро и его распространении в нём. Появиться в водоёмах бассейна Ладоги вид мог только совместно с *G. fasciatus* в результате интродукционных мероприятий 1970-х гг. *G. fasciatus* активно интродуцировался в озёра Карельского перешейка (первое вселение – в оз. Отрадное в 1971 г.) [Мицкевич, 1984, 1988].

Поскольку в Ладожское оз. *G. fasciatus* проник самостоятельно по системе р. Вуокса в районе г. Приозерска приблизительно в начале 1980-х гг., а обнаружен в 1988–1990 гг. во многих точках вдоль северного и западного берегов до губы Петрокрепость [Панов, 1994], то можно было бы ожидать проникновения в озеро совместно с ним и *M. possolskii*. Следует отметить, что опубликованной информации о существовании этого вида в озёрах Карельского перешейка не имеется.

Для уточнения периода вселения *M. possolskii* в Ладожское оз. были пересмотрены имеющиеся в нашем распоряжении архивные пробы из местообитаний вдоль западного берега озера с целью возможного обнаружения в них *M. possolskii*. Поскольку данные пробы изначально обрабатывались в зафиксированном состоянии, то в данном случае могло иметь место ошибочное отнесение *M. possolskii* к *G. fasciatus* из-за их достаточно большого сходства в фиксированном виде, тем более, что тот и другой вид могли встречаться одновременно в одной пробе.

При анализе современного распространения видов-вселенцев – представителей высших ракообразных Malacostraca – в Финском заливе (восточной части Балтийского моря) был сделан вывод, что наряду с продолжающимся расширением ареалов видов, возрастает и их значение в реципиентных местообитаниях [Berezina, Petryashev, 2012]. Данный процесс также актуален и для Ладожского оз., где продолжается расселение *M. possolskii* по озёрным биотопам.

В этой связи цель настоящей публикации – представить уточнённые данные о появлении *M. possolskii* в Ладожском оз., а также о временной и пространственной динамике его развития и расселения в водоёме.

Материалы и методы

Поскольку *M. possolskii* был обнаружен в Щучьем заливе, то основной упор в исследовании был сделан на ревизии проб, отобранных в пределах этой акватории на трёх станциях: у дамбы, в центре залива и на литорали (рис. 1). Были пересмотрены пробы из Щучьего залива начиная с 1992 г. Кроме этого, были просмотрены: пробы из бухты Петрокрепость (начиная с 1999 г.), пробы литоральных рейсов 2006 и 2014 гг. вдоль всего побережья Ладоги (30 станций), пробы литорального рейса 2010 г. вдоль южного побережья озера (15 станций) и пробы вдоль западного побережья Ладожского озера с 1996 г.

Пробы макробентоса отбирали в зарослях макрофитов на глубинах от 0.2 до 1 м при помощи пробоотборника Панова-Павлова [Панов, Павлов, 1986] и дночерпателя Петерсена, в более глубоких биотопах использовали дночерпатель Экмана-Берджа (по 2 выемки в каждой точке). Отобранные пробы промывали через капроновый газ с диаметром ячеек 0.125 мм и фиксировали формалином до конечной концентрации 4%. В лаборатории пробы разбирали, выбранные организмы сортировали, подсчитывали, взвешивали на торсионных весах и фиксировали 70%-м этиловым спиртом. Использованные методы отбора проб и ревизии архивных проб не предполагали статистической обработки, которая была не обязательна для решения поставленных задач.

Результаты

Данные по первичному обнаружению *M. possolskii* в различных районах озера суммированы в Таблице и представлены на рисунке 1. Были получены следующие результаты повторной инспекции проб зообентоса из различных местообитаний Ладожского оз., осуществлённой с целью обнаружения *M. possolskii*.

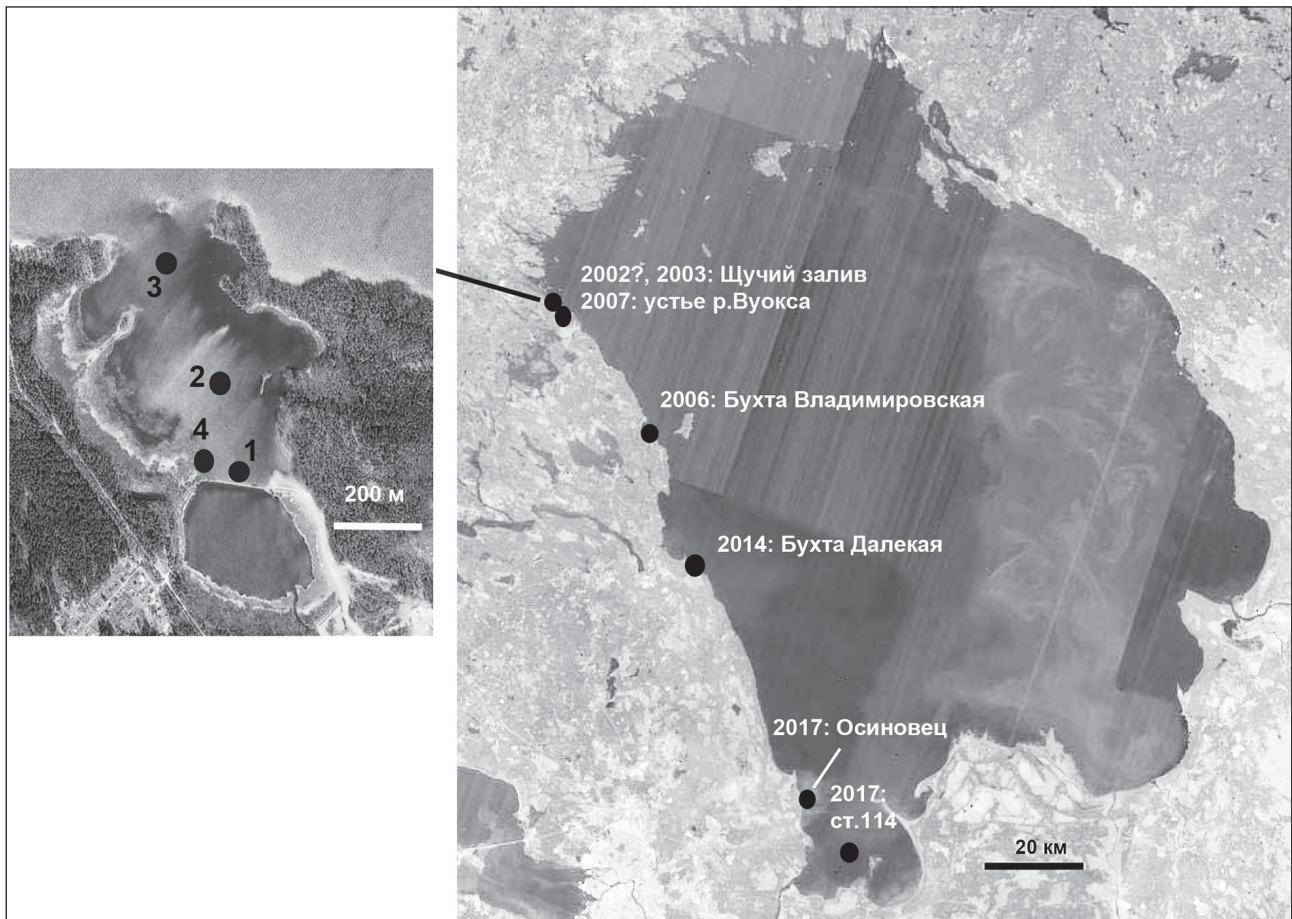


Рис. 1. Схема расположения станций в Щучьем заливе (1 – у дамбы, 2 – центр залива, 3 – выход из залива, 4 – литораль) и динамика расселения *M. possolskii* в Ладожском оз. (с использованием картографических материалов сайта Яндекс.Карты [2020]).

В Щучьем заливе Ладожского оз. *M. possolskii* не был обнаружен с 1992 по 2001 г. Он был обнаружен в пробах 2003 г. Пробы из залива за 2002 г., к сожалению, отсутствуют (исследования не проводились). Если принять во внимание, что в 2003 г. вид был обнаружен и в центре, и на выходе из залива (то есть по всему заливу), и при этом его численность и биомасса в центре залива были весь-

ма значительны (рис. 2), то с большой долей уверенности можно утверждать, что его популяция начала развиваться в заливе в 2002 г., достигнув высоких количественных показателей в 2003 г.

В пробах, собранных вдоль западного побережья Ладожского оз. с 1996 г., вид не был обнаружен вплоть до 2006 г., когда он был найден во Владимировской бухте. В 2007 г.

Таблица. Годы обнаружения *Micruropus possolski* в различных местах Ладожского озера.

Год обнаружения	Место	Координаты
2003	Щучий залив	61°04.9'N; 30°05.51' E
2006	Бухта Владимировская	60°50.093'N; 30°27.931'E
2007	Устье р. Вуокса. Ст. Pr-16	61° 02.641'N; 30°10.817'E
2014	Бухта Далёкая	60°34.32'N; 30°40.552'E
2017	Мыс Осиновец	60°06.662'N; 31°05.306'E
2017	3.5 км южнее м. Осиновец	60°05.298'N; 31°04.35'E
2017	Бухта Петрокрепость. Ст. 114	60°01.052'N; 31°15.811'E

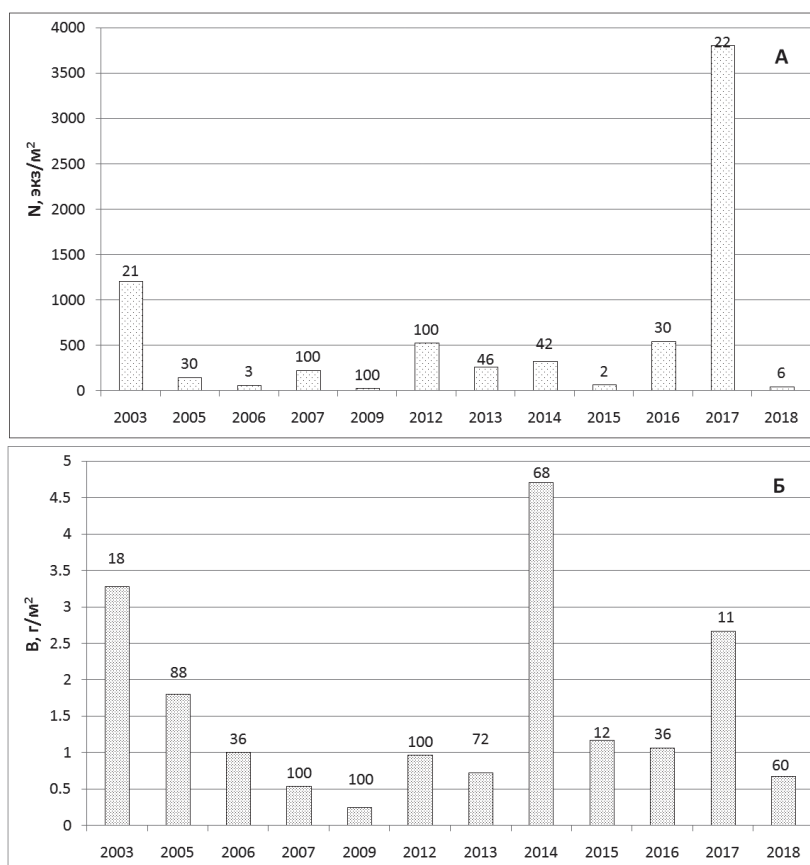


Рис. 2. А – численность (N), Б – биомасса (B) *M. possolskii* в Щучьем заливе по годам (август, центр залива). Цифрами над столбиками обозначена доля *M. possolskii* среди амфипод.

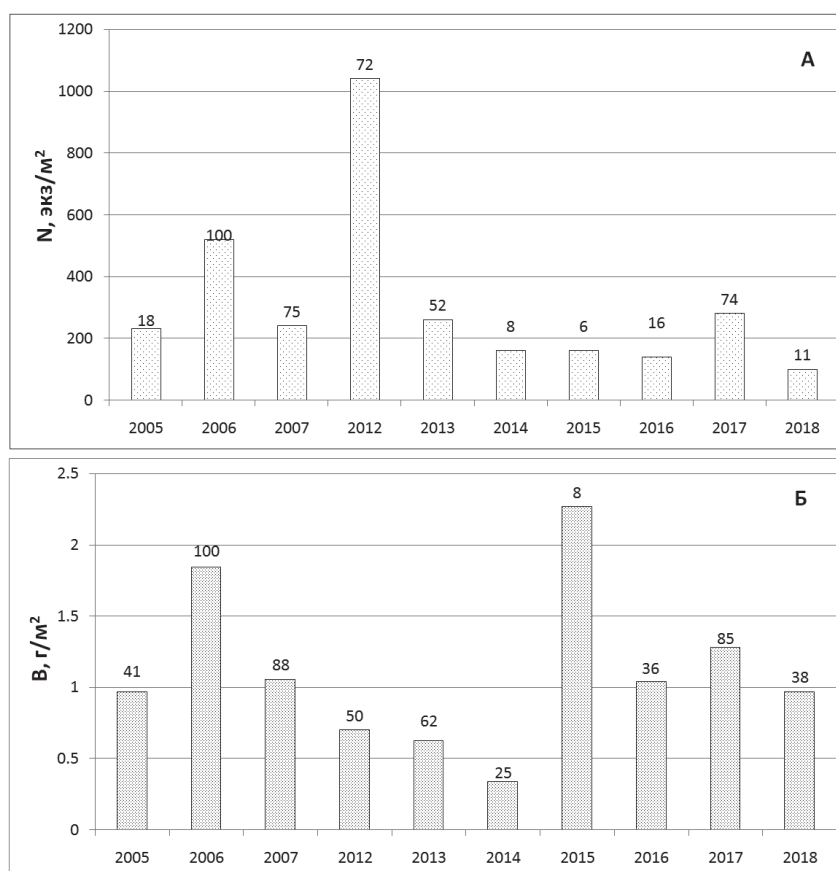


Рис. 3. А – Численность (N), Б – биомасса (B) *M. possolskii* в Щучьем заливе по годам (август, у дамбы). Цифрами над столбиками обозначена доля вида среди амфипод.

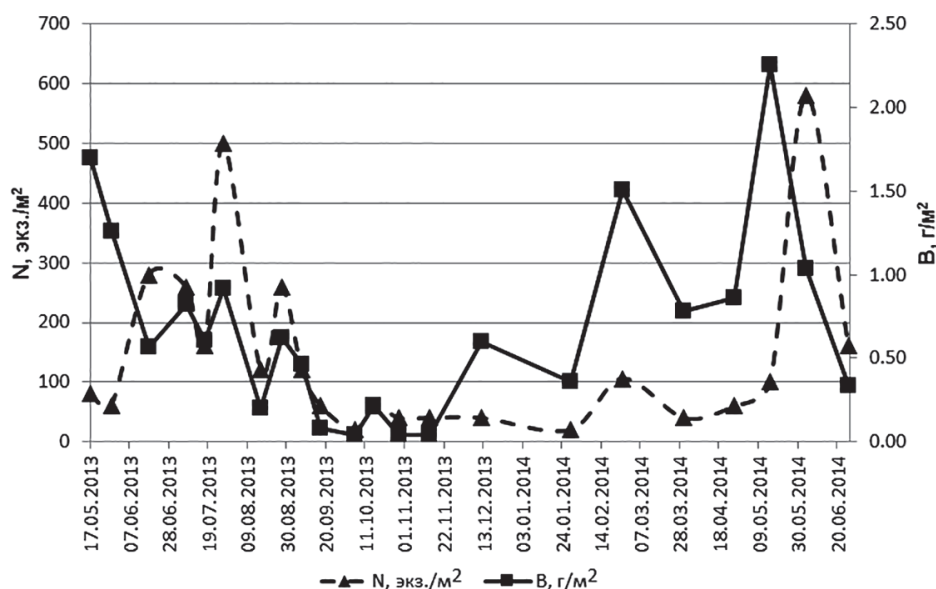


Рис. 4. Сезонная динамика численности (N, экз./м²) и биомассы (B, г/м²) *M. possolskii* в Щучьем заливе (у дамбы).

M. possolskii обнаружен и в устье р. Вуокса южнее Щучьего залива, куда он проник, конечно же, раньше, так как в 2006 г. он обитал уже во Владимировой бухте.

Литоральные рейсы 2010 и 2014 гг. не выявили микропухляка в южной части Ладоги, но он был обнаружен в 2014 г. в бухте Далёкой (рис. 1).

В пробах из бухты Петрокрепость (начиная с 1999 г.) вид не обнаруживался до 2017 г., когда он был найден у мыса Осиновец и на ст. 114 (рис. 1).

К сожалению, не ясен вопрос о распространении *M. possolskii* к северу от Щучьего залива. Так, например, в 2017 г. при целенаправленном поиске вид не был найден в 4 обследованных разнотипных литоральных местообитаниях на о. Путсаари (61°30.42'N; 30°33,83'E).

Распространяясь в Ладожском оз., новый вид неизбежно меняет устоявшиеся взаимосвязи в гидробиоценозах, поскольку уровень его развития может быть достаточно высок. Так, максимальная биомасса *M. possolskii* на литоральной ст. 4 в Щучьем заливе в 2013 г. составила 25.84 г/м², а в бухте Петрокрепость у посёлка им. Морозова в 2018 г. – 15.19 г/м². Также высокие значения биомассы зафиксированы в бухтах Владимировская (24.42 и 6.8 г/м² в 2006 и 2014 гг., соответственно) и

Далёкая (5.16 и 5.12 г/м² в 2014 и 2017 гг.). Такой высокий уровень развития вида делает его одним из доминирующих в литоральных гидробиоценозах озера, серьёзно влияющим на трансформацию вещества и энергии и на трофические связи.

Рассмотрение временной динамики развития *M. possolskii* в каком-либо биотопе, например, в Щучьем заливе (рис. 2, 3), демонстрирует достаточно сильную межгодовую вариабельность. Так, численность и биомасса вида, а также его доля в таксоценозе амфипод (*M. possolskii* обитает совместно с *G. fasciatus*), могут быть в один год высоки (вплоть до полного доминирования), а в другой год – значительно ниже.

Анализ сезонной динамики развития вида в Щучьем заливе показал, что наибольший уровень количественных показателей развития *M. possolskii*, по-видимому, характерен для мая-июня (рис. 4).

Обсуждение

Полученные результаты показывают, что *M. possolskii* преодолел 160 км по побережью Ладоги от Щучьего залива до губы Петрокрепость за 15 лет, то есть примерно со скоростью распространения 10 км/год. Эта скорость расселения сопоставима, например, со скоростью расселения *G. fasciatus* в Горь-

ковском вдхр., где в первый год после интродукции вида она составила также 10 км/год [Иоффе, 1965].

Ранее в работе [Barbashova et al., 2013] было высказано предположение, что появление *M. possolskii* в Щучьем заливе могло произойти в конце 1990-х или начале 2000-х гг. только после улучшения природной обстановки в заливе, экосистема которого была сильно нарушена в результате деятельности Приозерского ЦБК и постепенно восстанавливалась после закрытия комбината в 1986 г. [Распопов и др., 1998]. Данное предположение полностью подтвердилось, и временем появления в заливе *M. possolskii* можно считать 2002 г.

Другое высказанное предположение [Barbashova et al., 2013] о маловероятности широкого распространения *M. possolskii* и способности образовывать массовые скопления в Ладожском оз., по-видимому, не оправдывается, так как вид уже достиг губы Петрокрепость, а показатели его количественного развития весьма высоки. Дальнейшее распространение вида вдоль южного побережья приведёт к его вселению в местообитания двух понто-каспийских амфипод-вселенцев, *Pontogammarus robustoides* (Sars) и *Chelicorophium curvispinum* (Sars) в пределах Волховской губы [Курашов и др., 2018], что повлечёт за собой дальнейшие перестройки в литоральных биоценозах.

Риск новых инвазий и развитие инвазионного процесса в озёрах связаны как с различными антропогенными воздействиями, так и с климатическими изменениями [Havel et al., 2015]. Это обстоятельство необходимо учитывать при мониторинге инвазионного процесса в Ладожском озере.

Заключение

Предпринятая попытка выяснения точных обстоятельств проникновения в Ладогу *M. possolskii* позволила лишь частично пролить свет на эту проблему. По-прежнему остаётся неясным, как он оказался в Щучьем заливе в 2002 г., уже на следующий год дав значительную вспышку в своём развитии.

Наблюдающееся в настоящее время активное распространение *M. possolskii* в Ладож-

ском оз. неизбежно приведёт к значительным перестройкам в литоральных гидробиоценозах озера в тех местах, где данный вид сможет адаптироваться.

Необходим дальнейший мониторинг данного инвазионного процесса распространения вида по Ладожскому оз. По аналогии с судьбой *G. fasciatus* может быть высказано предположение, что и *M. possolskii* имеет вероятность проникнуть в Невскую губу и Восточную часть Финского залива, а также в близкое по генезису с Ладогой оз. Онежское.

Финансирование работы

Работа выполнена в рамках государственного задания ИНОЗ РАН по теме № 0154-2019-0001.

Конфликт интересов

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Соблюдение этических стандартов

Статья не содержит никаких исследований с участием животных в экспериментах, выполненных кем-либо из авторов.

Литература

- Визер А.М. Роль байкальского бокоплава *Micruropus possolskii* Sow. в экосистеме Верхней Оби // В сб.: Экология водных беспозвоночных. Материалы международной конференции. Ярославль: Принтхаус, 2010. С. 65–66.
- Задоев И.Н. Результаты и перспективы акклиматизации беспозвоночных в водоёмах бывшего СССР // В кн.: Результаты работ по акклиматизации водных организмов / Под ред. Л.А. Кудерского. СПб., 1995. С. 146–154.
- Задоев И.Н., Лейс О.А., Григорьев В.Ф. Результаты и перспективы акклиматизации байкальских гаммарид в водоёмах СССР // Сб. науч. трудов ГОСНИОРХ. 1985. Вып. 232. С. 30–34.
- Иоффе Ц.И. К вопросу об обогащении кормовой базы Горьковского водохранилища // Изв. ГосНИОРХ. 1965. Т. 59. С. 168–179.
- Курашов Е.А., Барбашова М.А., Дудакова Д.С., Капустина Л.Л., Митрукова Г.Г., Русанов А.Г., Алёшина Д.Г., Иофина И.В., Протопопова Е.В., Родионова Н.В., Трифонова М.С. Экосистема Ладожского озера: современное состояние и тенденции её изменения в конце XX – начале XXI в. // Биосфера. 2018. Т. 10. № 2. С. 66–121.

- Литоральная зона Ладожского озера / Под ред. Е.А. Курашова. СПб.: Нестор-История, 2011. 416 с.
- Мицкевич О.И. Оценка результатов акклиматизации байкальского бокоплава *Gmelinoides fasciatus* Stebb. в водоёмах Европейской части СССР // Сб. научн. тр. ГосНИОРХ. 1984. Вып. 223. С. 73–78.
- Мицкевич О.И. Экологическая эффективность акклиматизации кормовых беспозвоночных *Gmelinoides fasciatus* (на примере озера Отрадное Ленинградской области) // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. 1988. Т. 283. С. 89–98.
- Панов В.Е. Байкальская эндемичная амфипода *Gmelinoides fasciatus* Stebb. в Ладожском озере // Доклады Академии наук. 1994. Т. 336 (2). С. 279–282.
- Панов В.Е., Павлов А.М. Методика количественного учёта водных беспозвоночных в зарослях камыша и тростника // Гидробиологический журнал. 1986. Т. 22. № 6. С. 87–88.
- Распопов И.М., Андроникова И.Н., Слепухина Т.Д., Расплетина Г.Ф., Рычкова М.А., Барбашова М.А., Доценко О.Н., Протопопова Е.В. Прибрежно-водные экотоны больших озёр. СПб., 1998. 54 с.
- Самые опасные инвазионные виды России (ТОП-100) / Ред. Ю.Ю. Дгебуадзе, В.Г. Петросян, Л.А. Хляп. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2018. 688 с.
- Трифонова М.С., Курашов Е.А., Барбашова М.А. Биологическое загрязнение донных сообществ литоральной зоны Ладожского озера // Российский журнал прикладной экологии. 2018. № 4 (16). С. 37–41.
- Филинова Е.И. Байкальские гаммариды в Ириклинском водохранилище // В сб.: Актуальные проблемы изучения ракообразных континентальных водоёмов. Мат. лекций и докладов межд. школы-конференции. Кострома: ООО Костромской печатный дом, 2012. С. 301–303.
- Филинова Е.И. Байкальские амфиподы *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing 1899) и *Micruropus possolskii* (Sowinsky, 1915) в Ириклинском водохранилище и р. Урал // В кн.: Актуальные проблемы изучения ракообразных. Сборник тезисов и материалов докладов научно-практической конференции, посвящённой 90-летию со дня рождения Николая Николаевича Смирнова. Ярославль: Издательское бюро «Филигрань», 2018. С. 49.
- Яндекс.Карты // (<http://maps.yandex.ru>). Проверено 14.01.2020.
- Atkinson J.F., Domske H.M. Great Lakes under stress: invasive species as agents of ecosystem change // Lessons in Conservation. 2015. Vol. 5. P. 17–31.
- Barbashova M.A., Malyavin S.A., Kurashov E.A. First finding of baikalian amphipod *Micruropus possolskii* Sowinsky, 1915 (Amphipoda, Crustacea) in Lake Ladoga // Russian Journal of Biological Invasions. 2013. Vol. 4. No. 4. P. 219–224.
- Berezina N.A. Invasions of alien amphipods (Amphipoda: Gammaridea) in aquatic ecosystems of North-Western Russia: pathways and consequences // Hydrobiologia. 2007. Vol. 590. P. 15–29.
- Berezina N.A., Petryashev V.V. Invasions of higher crustaceans (Crustacea: Malacostraca) in waters of the gulf of Finland (Baltic Sea) // Russian Journal of Biological Invasions. 2012. Vol. 3. No. 2. P. 81–91.
- Hall S.R., Mills E.L. Exotic species in large lakes of the world // Aquatic Ecosystem Health and Management. 2000. Vol. 3. P. 105–135.
- Hatton E.C., Buckley J.D., Fera S.A., Henry S., Hunt L.M., Drake D.A.R., Johnson T.B. Current and potential aquatic invasive species in Ontario and the Great Lakes region: A compilation of ecological information / Ontario Ministry of Natural Resources and Forestry, Science and Research Branch, Peterborough, ON. // Science and Research Information Report IR-16. 2019. 158 pp.
- Havel J.E., Kovalenko K.E., Thomaz S.M., Amalfitano S., Kats L.B. Aquatic invasive species: challenges for the future // Hydrobiologia. 2015. Vol. 750. P. 147–170.
- Kurashov E.A., Barbashova M.A., Barkov D.V., Rusanov A.G., Lavrova M.S. Invasive amphipods as a factor of transformation of Lake Ladoga ecosystems // Russian Journal of Biological Invasions. 2012. Vol. 3. No. 3. P. 202–212.
- Panov V.E. Establishment of the Baikalian endemic amphipod *Gmelinoides fasciatus* Stebb. in Lake Ladoga // Hydrobiologia. 1996. Vol. 322. P. 187–192.
- Takhteev V.V., Berezina N.A., Sidorov D.A. Checklist of the Amphipoda (Crustacea) from continental waters of Russia, with data on alien species // Arthropoda Selecta. 2015. 24(3). P. 335–370.

EXPANSION DYNAMICS OF *MICRUROPUS POSSOLSKII* SOWINSKY, 1915 (AMPHIPODA, CRUSTACEA) IN LAKE LADOGA

© 2020 Kurashov E.A.^{a, b, *}, Trifonova M.S.^a, Barbashova M.A.^a

^aInstitute of Limnology, Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, 196105, Russia;
^bSaint-Petersburg Branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution
«All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography» («GosNiorch» by L.S. Berg),
Saint Petersburg, 199053, Russia;
e-mail: *evgeny_kurashov@mail.ru

Among the alien species of Lake Ladoga, amphipods play a leading role. As part of the group, the Baikal species *Micruropus possolskii* Sowinsky, 1915 is becoming increasingly important. The purpose of the publication is to provide updated data on the appearance of *M. possolskii* in Lake Ladoga, as well as on the temporal and spatial dynamics of its development and settlement in the water body. It was revealed that initially, the species appeared in the Schuchiy Bay of Lake Ladoga in 2003. Its southward distribution up to Petrokrepost Bay, where it was discovered in 2017, was traced. Further settlement of the species within Lake Ladoga, its high quantitative development in the colonized biotopes and possible expansion to Lake Onega and the Neva Bay of the Gulf of Finland are assumed.

Keywords: *Micruropus possolskii*, Lake Ladoga, unintentional introduction, settlement dynamics, biological invasions.