

ISSN 1561-8323 (Print)
ISSN 2524-2431 (Online)

БИОЛОГИЯ
BIOLOGY

УДК 595.3:591.53
<https://doi.org/10.29235/1561-8323-2020-64-4-441-447>

Поступило в редакцию 28.11.2019
Received 28.11.2019

Т. П. Липинская, А. И. Макаренко

*Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам,
Минск, Республика Беларусь*

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ХИЩНИЧЕСКОГО ПРЕССА
ЧУЖЕРОДНЫХ ВИДОВ ГАММАРИД НА СООБЩЕСТВА МАКРОЗООБЕНТОСА**

(Представлено академиком М. Е. Никифоровым)

Аннотация. Распространение чужеродных видов и вселение их в новые места обитания нередко приводят к изменению структуры аборигенного сообщества макрозообентоса и одной из причин этого может являться хищное поведение чужеродных видов. Для оценки хищнического пресса были проведены эксперименты на примере 4 из 5 наиболее широко распространенных видов чужеродных гаммарид, которые характеризуются хищническим поведением: *Dikerogammarus haemobaphes* (Eichwald, 1841), *Echinogammarus ischnus* (Stebbing, 1898), *Obesogammarus crassus* (Sars, 1894), *Obesogammarus obesus* (Sars, 1896). Эксперименты по избирательности питания показали, что *D. haemobaphes* имеет широкий спектр питания и потребляет 4 из 6 предложенных групп макрозообентоса. В экспериментах с монопищей (водяной ослик) *D. haemobaphes* характеризовался максимальным значением экологического рациона по сравнению с другими изученными видами. Было показано, что только для *D. haemobaphes* характерно возрастание величины экологического рациона при увеличении концентрации пищи в эксперименте, тогда как у трех остальных видов гаммарид статистически значимые различия между данными величинами не наблюдались. Обширный спектр питания этого вида может служить объяснением его широкого распространения и высокой численности по сравнению с другими чужеродными видами гаммарид на территории Беларуси.

Ключевые слова: лабораторный эксперимент, питание амфипод, хищничество, Беларусь

Для цитирования. Липинская, Т. П. Экспериментальная оценка влияния хищнического пресса чужеродных видов гаммарид на сообщества макрозообентоса / Т. П. Липинская, А. И. Макаренко // Докл. Нац. акад. наук Беларуси. – 2020. – Т. 64, № 4. – С. 441–447. <https://doi.org/10.29235/1561-8323-2020-64-4-441-447>

Tatsiana P. Lipinskaya, Andrey I. Makarenko

Scientific and Practical Center for Bioresources of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus

**EXPERIMENTAL ASSESSMENT OF THE PREDATORY PRESSURE EFFECT OF GAMMARIDS
ON THE STRUCTURE OF THE MACROZOOBENTHIC COMMUNITY**

(Communicated by Academician Mikhail E. Nikiforov)

Abstract. Alien amphipods were found in Belarus in the early 2000s. During long-term observations of the macrozoobenthic community in the rivers, a decrease of native amphipods was revealed in the southern part of Belarus. Several laboratory experiments were conducted to reveal the predatory effects of four alien species (*Dikerogammarus haemobaphes* (Eichwald, 1841), *Echinogammarus ischnus* (Stebbing, 1898), *Obesogammarus crassus* (Sars, 1894), *Obesogammarus obesus* (Sars, 1896) on some macrozoobenthic groups. *D. haemobaphes* has a maximum predation rate and a broad food spectrum in comparison with other studied species. The above-mentioned data can be one of the reasons of wide spreading and very abandoned populations of *D. haemobaphes* in various rivers in Belarus.

Keywords: laboratory experiment, amphipods feeding, predation, Belarus

For citation: Lipinskaya T. P., Makarenko A. I. Experimental assessment of the predatory pressure effect of gammarids on the structure of the macrozoobenthic community. *Doklady Natsional'noi akademii nauk Belarusi = Doklady of the National Academy of Sciences of Belarus*, 2020, vol. 64, no. 4, pp. 441–447 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1561-8323-2020-64-4-441-447>

© Липинская Т. П., Макаренко А. И., 2020

Введение. На сегодняшний день биологические инвазии являются одной из наиболее важных причин снижения биоразнообразия как в наземных, так и в водных экосистемах [1]. Влияние инвазивных видов включает: локальное исчезновение аборигенных видов, изменение экосистем и их функционирования, поэтому необходимость в исследовании экологии и биологии чужеродных видов, которые потенциально могут стать инвазивными, становится все более актуальной, особенно в свете глобального изменения климата, которое благоприятствует их дальнейшему распространению в новых местах обитания.

В реках Беларуси обитают 9 чужеродных видов амфипод (2 вида корофиид и 7 видов гаммарид) [2; 3], 3 из которых являются инвазивными. Самыми распространенными видами чужеродных гаммарид в речных экосистемах Беларуси являются *Dikerogammarus haemobaphes* (Eichwald, 1841), *Dikerogammarus villosus* (Sowinsky, 1894), *Echinogammarus ischnus* (Stebbing, 1898), *Obesogammarus crassus* (Sars, 1894) и *Obesogammarus obesus* (Sars, 1896) [4]. В настоящее время имеются данные по размерным характеристикам [5], параметрам плодовитости [6], биотопической приуроченности [7], по распространению [2; 4], а также доле чужеродных видов амфипод в сообществе макрозообентоса [8].

Известно, что Понто-Каспийские виды амфипод, благодаря своей пластичности в питании и высокой жизнеспособности в новых условиях, являются одними из самых успешных вселенцев и могут оказывать значительное влияние на структуру бентосного сообщества, изменяя его состав и снижая численность таксонов беспозвоночных. Следует отметить, что в настоящий момент существует ряд экспериментальных работ по питанию чужеродных амфипод и их влиянию на аборигенную фауну, но в большинстве случаев объектом таких исследований является *D. villosus* [9]. Также показано, что в условиях различных речных бассейнов влияние чужеродной фауны на структуру сообщества макрозообентоса может отличаться [10]. Учитывая отсутствие таких работ в Беларуси и необходимость выявления причин снижения численности аборигенных видов гаммарид в южной части речных экосистем Беларуси, целью данной работы было проведение экспериментов по питанию 4 из 5 наиболее распространенных чужеродных видов гаммарид Беларуси и установление величин их экологических рационов.

Материалы и методы исследования. Гаммариды (*D. haemobaphes*, *E. ischnus*, *O. obesus* и *O. crassus*) были отловлены с помощью ручного гидробиологического сачка, а также путем ручного сбора с камней и погруженных предметов. Ракообразных доставляли в лабораторию и содержали при комнатной температуре (19–20 °C) в отдельных аэрируемых пластиковых контейнерах (34 × 19 × 12 см), наполненных водой (около 5 л). Световой режим выдерживали «день» : «ночь» (12 ч : 12 ч; искусственный свет, белый; люминесцентная лампа Osram L36 W/25).

Эксперименты проводили в трехкратной повторности при одинаковых температурных и световых условиях, в чашках Петри (диаметр – 6 см, высота воды – 2 см). Контрольные чашки Петри без хищника ставили для того, чтобы уточнить внутривидовое взаимодействие макрозообентоса и исключить каннибализм. Перед началом любого эксперимента необходимое количество гаммарид отсаживали в отдельный контейнер с чистой водой и содержали 24 ч без питания. Только взрослые особи чужеродных гаммарид были использованы в эксперименте. Макрозообентос отлавливали в день начала эксперимента с использованием ручного гидробиологического сачка. Было проведено 143 повторности (с учетом контроля) экспериментов: со смешанной пищей для выявления избирательности питания, с монопищей для определения максимальных величин экологических рационов чужеродных видов гаммарид, а также для определения величины экологических рационов в зависимости от концентрации монопищи. Величина суточного экологического рациона рассчитывалась как разница между количеством живых особей в контроле и в эксперименте за 24 ч.

Вся статистическая обработка была проведена с использованием программы R. Величины суточных экологических рационов и индекса Чессона приведены со стандартным отклонением (\pm SD). Схемы основных экспериментов и статистическая обработка данных, а также формула расчета индекса Чессона подробно представлены в [11].

Результаты и их обсуждение. Эксперименты по определению избирательности питания чужеродных видов гаммарид. Шесть групп макрозообентоса (личинки Culicidae, Baetidae, Chiro-

nomidae, Lestidae и личинки ручейников рода *Neureclipsis*, а также *Asellus aquaticus*) были использованы в экспериментах для выявления избирательности питания четырех чужеродных видов гаммарид. Количество экземпляров макробеспозвоночных в эксперименте соответствовало пропорциям данных групп в природных условиях. Каннибализм между группами макрозообентоса не был обнаружен. Количество беспозвоночных в контроле не изменялось за 24 ч проведения эксперимента.

Следует отметить, что все чужеродные виды гаммарид потребляли водяного ослика. *D. haemobaphes* потреблял 4 группы (за исключением личинок кровососущих комаров сем. Culicidae и личинок стрекоз сем. Lestidae) из 6 предложенных (рис. 1), тогда как *E. ischnus*, *O. obesus* и *O. crassus* характеризовались узким спектром питания и использовали в качестве жертвы только *A. aquaticus*. Различия в величинах суточных экологических рационов варьировали у четырех видов гаммарид (тест Крускала–Уоллиса: $p < 0,05$), максимальное потребление пищи было характерно для *D. haemobaphes*. Для количественной оценки избирательности жертв был рассчитан индекс Чессона (α) [12; 13]. В проведенных экспериментах наиболее высокими значениями коэффициентов избирательности характеризовалось потребление *D. haemobaphes* личинок ручейников ($\alpha = 0,43 \pm 0,02$), а наименьшими значениями – потребление личинок кровососущих комаров ($\alpha = 0,13 \pm 0,01$). Три других вида потребляли только водяного ослика (индекс Чессона = 1).

Эксперименты для определения максимальных величин экологических рационов чужеродных видов гаммарид. Одну особь гаммарид содержали в чашках Петри вместе с монопищей (водяным осликом) при высокой концентрации жертвы (2644 экз/м^2) без добавления субстрата. Количество *A. aquaticus* в контрольных чашках не изменялось за 24 ч проведения эксперимента. Величины потребления пищи чужеродными видами ракообразных варьировали от вида к виду и различались статистически значимо (рис. 2) (ANOVA: $p = 0,0018$ ($p < 0,001$)).

Среднее значение максимальной величины экологического рациона у *E. ischnus* составляло $3,6 \pm 1,14 \text{ экз/сут}$, *O. obesus* – $2,8 \pm 1,64$ и *O. crassus* – $2,6 \pm 1,67 \text{ экз/сут}$. Следует отметить, что среднее значение максимальной величины экологического рациона *D. haemobaphes* ($6,8 \pm 1,6 \text{ экз/сут}$) отличалось статистически значимо от таковых для трех других чужеродных видов (t -тест с предварительной коррекцией при помощи метода Холма: $p_{\text{DH/EI}} = 0,02$; $p_{\text{DH/OC}} = 0,003$; $p_{\text{DH/OO}} = 0,004$).

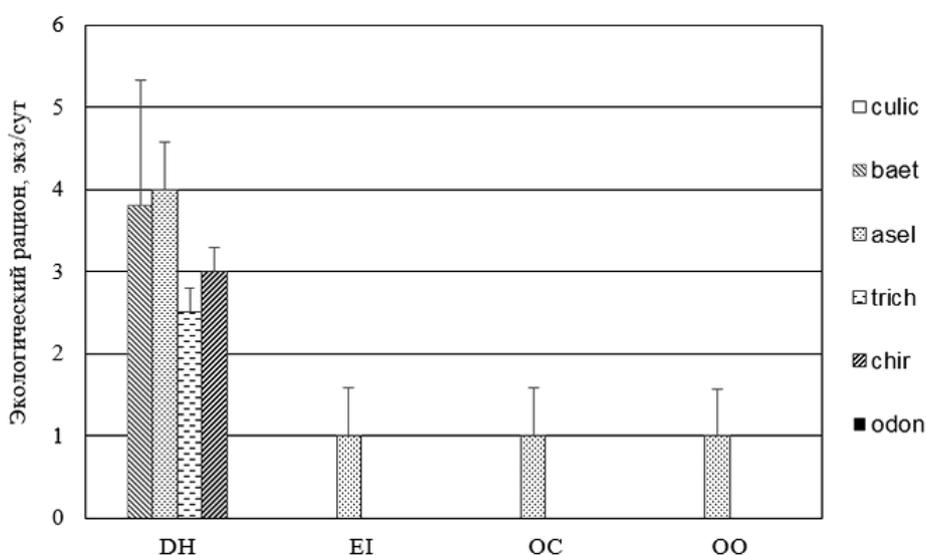


Рис. 1. Средние величины суточных экологических рационов (\pm SD) в эксперименте по избирательности питания *D. haemobaphes* (DH), *E. ischnus* (EI), *O. obesus* (OO), *O. crassus* (OC). Culic – личинки кровососущих комаров, baet – личинки подёнок, asel – водяной ослик, trich – личинки ручейников, chir – личинки комаров, odon – личинки стрекоз

Fig. 1. Mean values of daily predation rates (\pm SD) in the experiment on food selectivity of *D. haemobaphes* (DH), *E. ischnus* (EI), *O. obesus* (OO), *O. crassus* (OC). Culic – larvae of mosquitoes, baet – larvae of mayflies, asel – water louse, trich – larvae of caddis flies, chir – chironomid larvae, odon – larvae of dragonflies

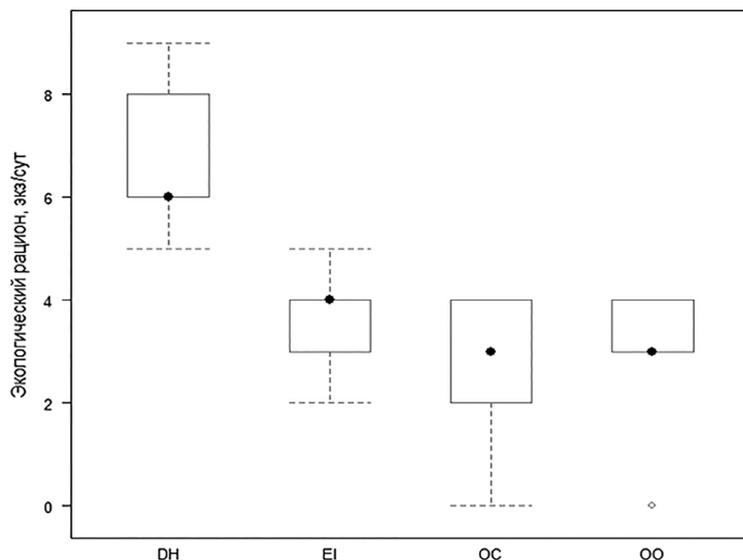


Рис. 2. Величины максимального экологического рациона 4 видов гаммарид при питании водяным осликом за 24 ч (обозначение гаммарид как на рис. 1). Тёмная точка на графике – медиана, прямоугольник – нижняя и верхняя квартиль, усы – диапазон данных, светлая точка – выброс

Fig. 2. The values of the maximum predation rate of 4 gammarids species when they fed on water louse for 24 h (conventional signs of gammarids see in the Fig. 1). The dark point on the graph is the median; the rectangle is the lower and upper quartile; the vertical lines are the range of data; the light point is an outlier

Величины максимальных экологических рационов *E. ischnus*, *O. obesus* и *O. crassus* не различались статистически значимо между собой (*t*-тест с предварительной коррекцией при помощи метода Холма: $p = ns$) и увеличивались в ряду: OC/OO/EI \rightarrow DH.

Эксперименты для определения величин экологического рациона в зависимости от концентрации пищи. Величины экологических рационов исследуемых видов в зависимости от концентрации пищи представлены в таблице и имели ненормальное распределение, поэтому была применена непараметрическая статистика (тест Крускала–Уоллиса) для проверки равенства медиан нескольких выборок. Количество 5/10/15 экземпляров в одной чашке Петри соответствовало плотности 881/1763/2644 экз/м².

Средние величины экологических рационов четырех видов гаммарид

Mean values of predation rates of 4 gammarids species

Гаммариды Gammarids	Экологический рацион (экз/сут \pm SD) при различной концентрации водяного ослика Predation rate (ind/day \pm SD) at different water louse concentration		
	5	10	15
<i>D. haemobaphes</i>	1,50 \pm 0,55	3,89 \pm 1,54	6,80 \pm 1,64
<i>E. ischnus</i>	0,89 \pm 0,60	2,11 \pm 2,09	3,60 \pm 1,14
<i>O. obesus</i>	1,00 \pm 0,93	1,89 \pm 1,17	2,80 \pm 1,64
<i>O. crassus</i>	0,92 \pm 0,72	1,75 \pm 1,20	2,60 \pm 1,67

Величины экологических рационов различались статистически значимо у 4 видов гаммарид (тест Крускала–Уоллиса, критерий хи-квадрат = 16,5213, $df = 3$, p -value = 0,0009), а также и с учетом различной концентрации пищи (тест Крускала–Уоллиса, критерий хи-квадрат = 10,6809, $df = 2$, p -value = 0,0048). Следует отметить, что попарное сравнение величин экологического рациона четырех видов гаммарид показало, что только у *D. haemobaphes* происходит увеличение данной величины с увеличением концентрации пищи в эксперименте (*U*-критерий Манна–Уитни: $p_{DH/EI} = 0,002$; $p_{DH/OO} = 0,031$). Для трех остальных видов гаммарид разница была статистически недостоверной (*U*-критерий Манна–Уитни: $p = ns$).

Суточный экологический рацион, который показывает изъятие особей из экосистемы, является наиболее удобным параметром при описании хищного поведения чужеродных видов и их влияние на аборигенные сообщества макрозообентоса.

Раньше считалось, что избирательность питания у водных беспозвоночных выражена очень слабо [12], но экспериментальные исследования в последние годы, в том числе и выполненные нами, показали четко выраженное избирательное отношение чужеродных видов гаммарид к различным видам животной пищи [11; 12]. В наших экспериментах было показано, что *D. haemobaphes* имеет широкий спектр питания по сравнению с другими видами чужеродных гаммарид и потребляет 4 из 6 предложенных групп макрозообентоса за исключением быстро перемещающихся личинок насекомых семейств Culicidae и Lestidae. Подобные результаты были получены и для инвазивного вида гаммарид Беларуси *D. villosus* [11], а также для других видов ракообразных [14].

По литературным данным, все чужеродные виды гаммарид, использованные в экспериментах, являются универсальными в пищевом отношении и потребляют как растительную, так и животную пищу, причем *D. haemobaphes*, особенно на ранних стадиях его развития, характеризуется высоким уровнем каннибализма по сравнению с другими видами [14]. Следует отметить, что в некоторых работах указывают на схожесть в пищевом поведении и позиции в пищевых цепях *D. haemobaphes* и *D. villosus*, тогда как *E. ischnus* занимает более низкий уровень в пищевых цепях. Сходные результаты были получены и в наших экспериментах, когда *E. ischnus*, *O. obesus* и *O. crassus* характеризовались узким спектром питания и использовали в качестве жертвы только *A. aquaticus*, а их максимальные величины экологических рационов были ниже, чем у нативного вида *G. varsoviensis* ($5,7 \pm 1,75$ экз/сут). В свою очередь, максимальные экологические рационы *D. haemobaphes* и *D. villosus* были схожи и составляли $6,8 \pm 1,6$ и $6,8 \pm 0,8$ экз/сут [11] соответственно.

Полученные нами экспериментальные данные по величинам суточных экологических рационов для 4 видов гаммарид в природной популяции данных видов могут колебаться в определенных пределах в соответствии с меняющимися условиями внешней среды. В проведенных экспериментах использовались только взрослые особи. Наряду с этим, температура воды в экспериментах была 19–20 °С, что для чужеродных видов является относительно низкой как по сравнению со средней температурой воды летом на юге Беларуси (20–22 °С), так и с летней температурой воды 23–25 °С (при максимуме 28 °С), при которой данные виды обитают в нативном ареале. Как известно, повышение температуры приводит к активному обмену веществ у гаммарид [9], поэтому можно ожидать более высоких величин экологического рациона у чужеродных видов ракообразных на территории Беларуси. Ряд других условий эксперимента также могли отличаться от условий естественной среды обитания данного вида в исследованном водоеме. В связи с этим возникает необходимость проведения экспериментальных работ в мезокосмах, условия которых максимально приближены к естественным. Методологические проблемы исследований в сочетании с высокой поведенческой изменчивостью чужеродных видов усложняют анализ их влияния на бентосные сообщества. Учитывая противоречивые результаты исследований в данной области за последние годы [10; 15], а также результаты проведенных экспериментов в лабораторных условиях, необходимо проведение экспериментальных работ в мезокосмах, условия которых максимально приближены к естественным.

Заключение. Успешность колонизации чужеродными видами новых местообитаний определяется целым комплексом факторов, среди которых занимаемая трофическая ниша является одним из необходимых условий их выживания и дальнейшего распространения. Согласно нашим предыдущим исследованиям [4; 8], *D. haemobaphes* является наиболее успешным инвайдером в речных экосистемах Беларуси. Полученные данные по спектру питания и величинам рационов этого вида могут служить объяснением его широкого распространения и высокой численности по сравнению с другими чужеродными видами гаммарид на территории Беларуси. Кроме того, в условиях глобальных климатических изменений величины рационов *D. haemobaphes* могут существенно возрастать, приводя к увеличению пресса на аборигенные виды макрозообентоса.

Благодарности. Работа выполнена в рамках темы 24 задания 2.05 ГПНИ «Природопользование и экология», раздел «Биоразнообразие, биоресурсы, экология». Авторы выражают искреннюю благодарность члену-корреспонденту В. П. Семенченко (заведующий лабораторией гидробиологии ГНПО «Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам») за ценные советы в ходе проведения экспериментов и написания статьи.

Acknowledgements. This study was conducted in the frame of Topic 24 of the Government Program “Nature Management and Ecology”, Chapter “Biodiversity, biore-sources, ecology”, Task 2.05. We are grateful to Corresponding Member V. P. Semenchko (Head of the Laboratory of Hydrobiology, Scientific and Practical Center for Biore-sources of the National Academy of Sciences of Belarus) for valuable advice during the experiments conducting and writing the article.

Список использованных источников

1. Predicting the ecological impacts of a new freshwater invader: functional responses and prey selectivity of the ‘killer shrimp’, *Dikerogammarus villosus*, compared to the native *Gammarus pulex* / J. A. Dodd [et al.] // *Freshwater Biology*. – 2014. – Vol. 59, N 2. – P. 337–352. <https://doi.org/10.1111/fwb.12268>
2. Checklist of aquatic alien species established in large river basins of Belarus / V. P. Semenchko [et al.] // *Aquatic Invasions*. – 2009. – Vol. 4, N 2. – P. 337–347. <https://doi.org/10.3391/ai.2009.4.2.5>
3. Lipinskaya, T. First DNA-barcoding based record of *Echinogammarus trichiatus* (Martynov, 1932) (Crustacea, Gammaridae) in Belarus / T. Lipinskaya, A. Radulovici, A. Makaranka // *BioInvasions Records*. – 2018. – Vol. 7, N 1. – P. 55–60. <https://doi.org/10.3391/bir.2018.7.1.08>
4. 10-year monitoring of alien amphipods in Belarus: state of the art / T. Lipinskaya [et al.] // *Biodiversity J.* – 2017. – Vol. 8, N 2. – P. 649–651.
5. Макаренко, А. И. Размерные характеристики чужеродных и аборигенных видов амфипод Беларуси / А. И. Макаренко // *Вес. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. біял. навук.* – 2015. – Т. 60, № 1. – С. 100–105.
6. Макаренко, А. И. Параметры плодовитости чужеродных видов разноногих ракообразных (Crustacea, Amphipoda) из водотоков Беларуси / А. И. Макаренко // *Вес. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. біял. навук.* – 2018. – Т. 63, № 3. – С. 365–373. <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2018-63-3-365-373>
7. Макаренко, А. И. Биотопическая приуроченность чужеродных и нативных видов разноногих ракообразных (Amphipoda, Crustacea) в условиях водоемов Беларуси / А. И. Макаренко, В. В. Вежновец // *Журн. Белорус. гос. ун-та. Экология*. – 2018. – № 4. – С. 29–41.
8. Семенченко, В. П. Чужеродные виды понто-каспийских амфипод (Crustacea, Amphipoda) в бассейне реки Днепр (Беларусь) / В. П. Семенченко, В. В. Вежновец, Т. П. Липинская // *Рос. журн. биол. инвазий*. – 2013. – Т. 6, № 3. – С. 88–97.
9. Environmental and morphological factors influencing predatory behavior by invasive non-indigenous gammaridean species / G. Van der Velde [et al.] // *Biol. Invasion*. – 2009. – Vol. 11, N 9. – P. 2043–2054. <https://doi.org/10.1007/s10530-009-9500-x>
10. River-specific effects of the invasive amphipod *Dikerogammarus villosus* (Crustacea: Amphipoda) on benthic communities / C. Hellmann [et al.] // *Biol. Invasions*. – 2017. – Vol. 19, N 1. – P. 381–398. <https://doi.org/10.1007/s10530-016-1286-z>
11. Липинская, Т. П. Сравнительный анализ хищного поведения инвазивного *Dikerogammarus villosus* (Sowinsky, 1894) и аборигенного *Gammarus varsoviensis* Jazdzewski, 1975 видов амфипод / Т. П. Липинская, А. И. Макаренко // *Рос. журн. биол. инвазий*. – 2019. – Т. 12, № 3. – С. 53–64.
12. Барков, Д. В. Избирательность питания, усвояемость пищи и пищевые потребности байкальского вселенца *Gmelinoidea fasciatus* (Stebbing, 1899) в Ладожском озере / Д. В. Барков, Е. А. Курашов // *Биология внутренних вод*. – 2011. – № 4. – С. 58–63.
13. Chesson, J. The estimation and analysis of preference and its relationship to foraging models / J. Chesson // *Ecology*. – 1983. – Vol. 64, N 5. – P. 1297–1304. <https://doi.org/10.2307/1937838>
14. Mutual predation between and cannibalism within several freshwater gammarids: *Dikerogammarus villosus* versus one native and three invasives / W. Kinzler [et al.] // *Aquatic Ecology*. – 2009. – Vol. 43, N 2. – P. 457–464. <https://doi.org/10.1007/s10452-008-9206-7>
15. How to coexist with the ‘killer shrimp’ *Dikerogammarus villosus*? Lessons from other invasive Ponto-Caspian peracarids / P. Borza [et al.] // *Aquatic Conserv.: Mar. Freshw. Ecosyst.* – 2018. – Vol. 28, N 6. – P. 1441–1450. <https://doi.org/10.1002/aqc.2985>

References

1. Dodd J. A., Dick J. T. A., Alexander M. E., MacNeil C., Dunn A. M., Aldridge D. C. Predicting the ecological impacts of a new freshwater invader: functional responses and prey selectivity of the ‘killer shrimp’, *Dikerogammarus villosus*, compared to the native *Gammarus pulex*. *Freshwater Biology*, 2014, vol. 59, no. 2, pp. 337–352. <https://doi.org/10.1111/fwb.12268>
2. Semenchko V., Rizevsky V. K., Mastitsky S. E., Vezhnovets V. V. Pluta M. V., Razlutsky V. I., Laenko T. Checklist of aquatic alien species established in large river basins of Belarus. *Aquatic Invasions*, 2009, vol. 4, no. 2, pp. 337–347. <https://doi.org/10.3391/ai.2009.4.2.5>
3. Lipinskaya T., Radulovici A., Makaranka A. First DNA-barcoding based record of *Echinogammarus trichiatus* (Martynov, 1932) (Crustacea, Gammaridae) in Belarus. *BioInvasions Records*, 2018, vol. 7, no. 1, pp. 55–60. <https://doi.org/10.3391/bir.2018.7.1.08>

4. Lipinskaya T., Makarenko A., Semenchenko V., Vezhnovets V. 10-year monitoring of alien amphipods in Belarus: state of the art. *Biodiversity Journal*, 2017, vol. 8, no. 2, pp. 649–651.
5. Makarenko A. I. Dimensional characteristics of the allogenic and indigenous types of amphipods in Belarus. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya biyalagichnych navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Biological series*, 2015, vol. 60, no. 1, pp. 100–105 (in Russian).
6. Makaranka A. I. Parameters of the fecundity of amphipod crustacean alien species (Crustacea, Amphipoda) from watercourses of Belarus. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya biyalagichnych navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Biological series*, 2018, vol. 63, no. 3, pp. 365–373 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2018-63-3-365-373>
7. Makaranka A. I., Vezhnovets V. V. Biotopic confinement of alien and native species of different-legged crustaceans (Amphipoda, Crustacea) in the conditions of waterbodies of Belarus. *Zhurnal Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekologiya = Journal of the Belarusian State University. Ecology*, 2018, no. 1, pp. 72–81 (in Russian).
8. Semenchenko V. P., Vezhnovets V. V., Lipinskaya T. P. Alien species of Ponto-Caspian amphipods (Crustacea, Amphipoda) in the Dnieper river basin (Belarus). *Russian Journal of Biological Invasions*, 2013, vol. 4, no. 4, pp. 269–275. <https://doi.org/10.1134/s2075111713040097>
9. Van der Velde G., Leuven R., Platvoet D., Bacela K., Huijbregts M., Hendriks H., Kruijt D. Environmental and morphological factors influencing predatory behaviour by invasive non-indigenous gammaridean species. *Biological Invasions*, 2009, vol. 11, no. 9, pp. 2043–2054. <https://doi.org/10.1007/s10530-009-9500-x>
10. Hellmann C., Schöll F., Worischka S., Becker J., Winkelmann C. River-specific effects of the invasive amphipod *Dikerogammarus villosus* (Crustacea: Amphipoda) on benthic communities. *Biological Invasions*, 2017, vol. 19, no. 1, pp. 381–398. <https://doi.org/10.1007/s10530-016-1286-z>
11. Lipinskaya T. P., Makarenko A. I. Comparative analysis of predatory behavior of invasive alien *Dikerogammarus villosus* (Sowinsky, 1894) and native *Gammarus varsoviensis* Jazdzewski, 1975 amphipods. *Russian Journal of Biological Invasions*, 2019, vol. 10, no. 4, pp. 349–357 (in Russian). <https://doi.org/10.1134/s2075111719040052>
12. Barkov D. V., Kurashov E. A. Feeding selectivity, food assimilability and demand of the Baikal invader *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing, 1899) in lake Ladoga. *Inland Water Biology*, 2011, vol. 4, no. 4, pp. 455–460. <https://doi.org/10.1134/s1995082911040031>
13. Chesson J. The estimation and analysis of preference and its relationship to foraging models. *Ecology*, 1983, vol. 64, no. 5, pp. 1297–1304. <https://doi.org/10.2307/1937838>
14. Kinzler W., Kley A., Mayer G., Waloszek D., Maier G. Mutual predation between and cannibalism within several freshwater gammarids: *Dikerogammarus villosus* versus one native and three invasives. *Aquatic Ecology*, 2009, vol. 43, no. 2, pp. 457–464. <https://doi.org/10.1007/s10452-008-9206-7>
15. Borza P., Huber T., Leitner P., Remund N., Graf W. How to coexist with the ‘killer shrimp’ *Dikerogammarus villosus*? Lessons from other invasive Ponto-Caspian peracarids. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 2018, vol. 28, no. 6, pp. 1441–1450. <https://doi.org/10.1002/aqc.2985>

Информация об авторах

Липинская Татьяна Петровна – канд. биол. наук, вед. науч. сотрудник. Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам (ул. Академическая, 27, 220072, Минск, Республика Беларусь). E-mail: tatsiana.lipinskaya@gmail.com.

Макаренко Андрей Игоревич – канд. биол. наук, науч. сотрудник. Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам (ул. Академическая, 27, 220072, Минск, Республика Беларусь). E-mail: amakarenko198989@mail.ru.

Information about the authors

Lipinskaya Tatsiana P. – Ph. D. (Biology), Leading researcher. Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Bioresources (27, Akademicheskaya Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: tatsiana.lipinskaya@gmail.com.

Makarenko Andrey I. – Ph. D. (Biology), Researcher. Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Bioresources (27, Akademicheskaya Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: amakarenko198989@mail.ru.