

УДК: 595.324(574.583)

## РАСПРОСТРАНЕНИЕ *MOINA MICRURA* KURZ, 1875 (CRUSTACEA: MOINIDAE) В РОССИЙСКОЙ ЧАСТИ ВИСЛИНСКОГО ЗАЛИВА БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

© 2017 Семёнова А.С.<sup>a,\*</sup>, Чугунов Вл.К.<sup>b,\*\*</sup>

<sup>a</sup> Атлантический научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии  
(ФГБНУ «АтлантНИРО»), г. Калининград, 236022;

<sup>b</sup> Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН (ИБВВ РАН), п. Борок, 152742;  
e-mail: \* [a.s.semenowa@gmail.com](mailto:a.s.semenowa@gmail.com); \*\* [vlad.tchougounov@gmail.com](mailto:vlad.tchougounov@gmail.com).

Поступила в редакцию 29.12.2017

В Вислинском заливе Балтийского моря был обнаружен новый для этого водоёма вид *Moina micrura* Kurz, 1875 (Crustacea: Cladocera). За прошедшие годы этот вид сформировал устойчивую оппортунистическую популяцию, которая может становиться доминантной при оптимальных абиотических и трофических условиях. К основным причинам успешной натурализации этого вида в Вислинском заливе, по-видимому, относится продолжающееся эвтрофирование залива, а также локальное потепление климата, отмеченное в последние десятилетия.

**Ключевые слова:** *Moina micrura*, зоопланктон, виды-вселенцы, Вислинский залив, Балтийское море.

### Введение

Вислинский залив – крупнейшая эвтрофная солоноватоводная лагуна Балтийского моря. Первые исследования видового состава зоопланктона Вислинского залива и его количественного развития были обобщены немецкими учёными в конце XIX – начале XX в. [Schödler, 1866; Vanhöffen, 1917; Riech, 1927]. Затем зоопланктон залива изучался как польскими, так и российскими учёными [Rozanska, 1963; Жудова, 1978; Adamkiewicz-Chojnacka, 1983; Крылова, 1985; Науменко, 2008, 2010; Науменко, Судник, 2016]. В Вислинском заливе, согласно литературным данным [Vanhöffen, 1917; Rozanska, 1963; Крылова, 1985; Науменко, 2008, 2010; Науменко, Судник, 2016], зарегистрировано 32 вида ветвистоусых ракообразных, часть из которых, в основном фитофильных, в настоящее время не встречаются в его пелагиали [Дмитриева, Семёнова, 2012; Науменко, Судник, 2016]. В 2008–2016 гг. при исследовании зоопланктона данного залива нами был отмечен ряд видов, не указывавшихся предыдущими исследователями: *Camptocercus rectirostris* Schödler, 1862,

*Daphnia galeata* Sars, 1864, *Diaphanosoma mongolianum* Ueno, 1938, *Evadne anonyx* Sars, 1897, *Ilyocryptus agilis* Kurz, 1878, *Leydigia leydigi* (Schödler, 1863), *Podon leuckarti* (Sars, 1862) и представитель *Moina* gr. *micrura*, филогенетической ветви видов, выделяемой как по морфологическим, так и по молекулярно-генетическим данным [Bekker et al., 2016]. До настоящего времени для Вислинского залива указывалась лишь *Moina* sp. [Науменко, 2008, 2010; Науменко, Судник, 2016], что, возможно, соответствует единичным находкам. С учётом этих видов в заливе на протяжении всего периода его исследований было зарегистрировано 40 видов кладоцер.

Целью нашей работы было установить видовую принадлежность нового для Вислинского залива представителя рода *Moina*, выявить возможные причины его успешного вселения, а также проследить за его натурализацией в этом водоёме.

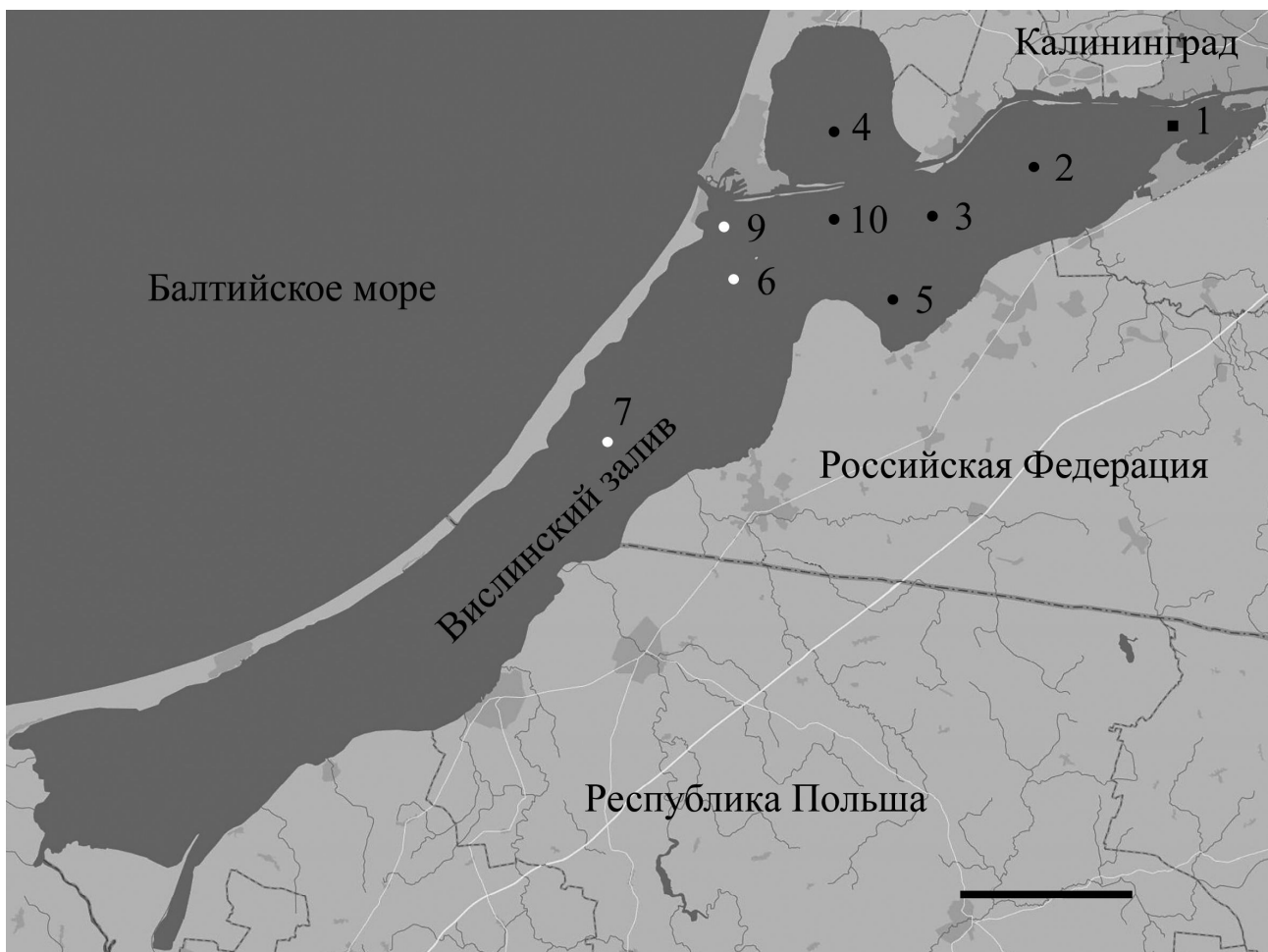
### Материал и методика

Исследования зоопланктона российской части Вислинского залива были выполнены в

2008–2017 гг. Пробы отбирали ежемесячно с марта – апреля по октябрь – декабрь на пяти – девяти стандартных мониторинговых станциях АтлантНИРО (рис. 1): № 1 ( $54^{\circ}40'50''\text{N}$ ,  $20^{\circ}20'00''\text{E}$ ), № 2 ( $54^{\circ}39'20''\text{N}$ ,  $20^{\circ}13'30''\text{E}$ ), № 3 ( $54^{\circ}37'60''\text{N}$ ,  $20^{\circ}07'20''\text{E}$ ), № 4 ( $54^{\circ}40'80''\text{N}$ ,  $20^{\circ}01'75''\text{E}$ ), № 5 ( $54^{\circ}34'80''\text{N}$ ,  $20^{\circ}04'30''\text{E}$ ), № 6 ( $54^{\circ}34'40''\text{N}$ ,  $19^{\circ}54'80''\text{E}$ ), № 7 ( $54^{\circ}31'50''\text{N}$ ,  $19^{\circ}51'70''\text{E}$ ), № 9 ( $54^{\circ}36'88''\text{N}$ ,  $19^{\circ}55'52''\text{E}$ ) и № 10 ( $54^{\circ}37'50''\text{N}$ ,  $20^{\circ}01'50''\text{E}$ ) пяти или шести литровым батометром (в поверхностном, среднем и придонном слое), концентрировали через мельничный газ № 70 (размер ячеек 68 мкм) и фиксировали 4%-м раствором формалина с сахарозой [Haney, Hall, 1973]. Обработку проб и расчёт основных характеристик зоопланктона проводили по стандартной методике [Киселёв,

1969; Методические..., 1984]. Данные по солёности воды были получены на тех же станциях, во время отбора проб зоопланктона. Данные по температуре воды с 1976 по 2016 г. были получены в результате ежедневных измерений на станции Гидрометцентра России в Вислинском заливе и переданы для использования в ФГБНУ «АтлантНИРО».

Было проведено сравнение моин из Вислинского залива (сборы 2014 г.) и особей родственных видов, выращенных клонально в лаборатории из коллекции живых культур Cladocera ИБВВ РАН (страна происхождения и номер каждой культуры приведены в скобках): *M. affinis* Birge, 1893 (США, 11DD\_Ma01), *M. weismanni* Ishikawa, 1896 (Узбекистан, 08UG2\_Mw01), *M. dubia* Guerne & Richard, 1892 (Эфиопия, 15/2NE1\_Md01), *M.*



**Рис. 1.** Карта-схема расположения станций отбора проб в российской части Вислинского залива Балтийского моря. Цифрами обозначены станции отбора проб. Чёрный квадрат – станция первого обнаружения *Moina micrura*, чёрные точки – станции дальнейшего распространения вида, белые точки – станции, на которых вид до сих пор отмечен не был. Масштаб – 10 км.

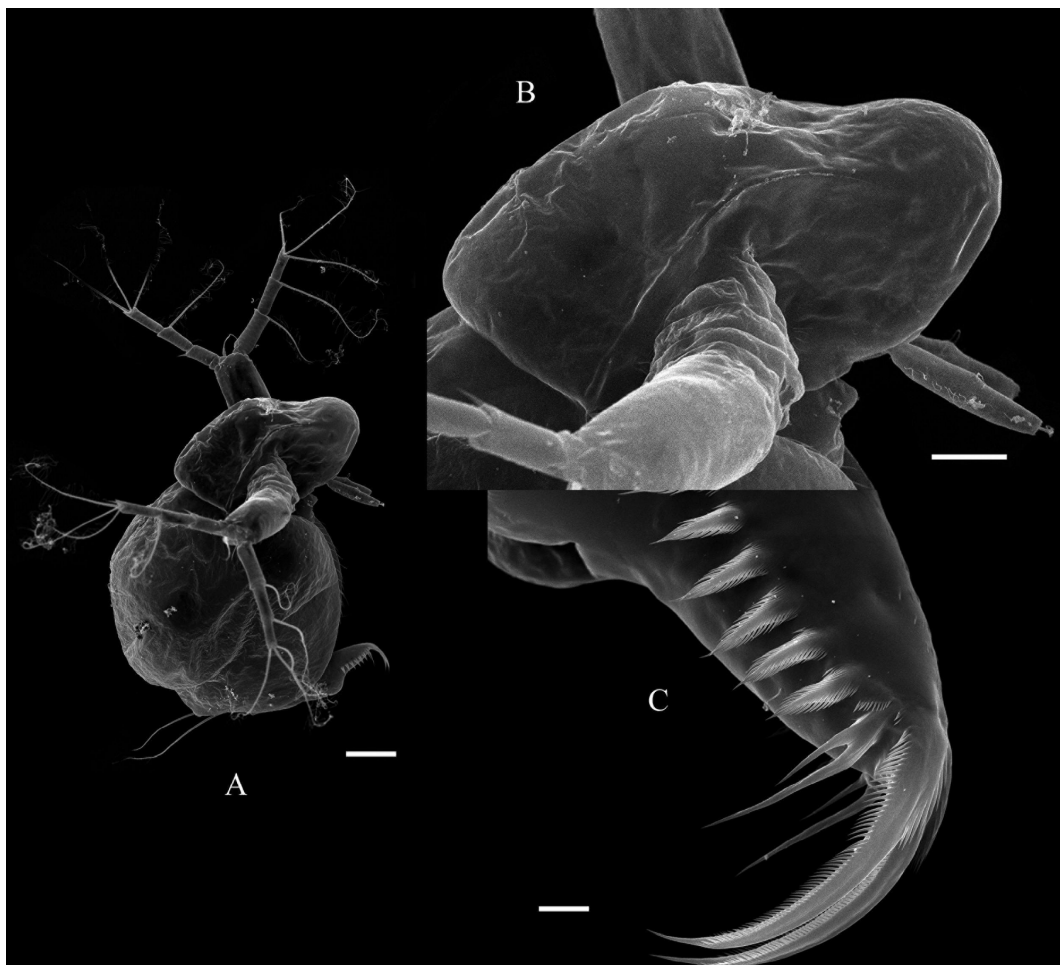
cf. *dubia* Guerne & Richard, 1892 (Рыбинское вдхр., 10Rrl\_Md01, Черепетское вдхр., 12ZC\_Md01) и *M. cf. micrura* Kurz, 1875 (Эфиопия, 15/2NE3\_Mmi01).

Для установления видовой принадлежности фиксированные особи *Moina* были препарированы в молочной кислоте (80%) и окрашены кислым фуксином (0.03%-й спиртовой раствор с добавлением уксусной кислоты) для световой микроскопии (Carl Zeiss и Keyence VHX-1000) или подготовлены для сканирующей электронной микроскопии (JEOL JSM-6510VL) методом лиофилизации с последующим наклеиванием на алюминиевые столики и напылением золотом.

### Полученные результаты и обсуждение

Морфология *Moina* из Вислинского залива полностью соответствует описанию *M. micrura*

Вильгельма Курца [Kurz, 1875] и таковым в последующих полных ревизиях рода [Goulden, 1968; Смирнов, 1976]. Голова и раковина без щетинок. Голова самки типичной для подрода формы, с супракулярным понижением (рис. 2). На нижнем крае створок раковины от 12 до 18 крупных щетинок, щетинки нижнезаднего края сгруппированы по 6–8. На постабдомене 6–7 перистых зубцов. Дорсальные сетулы латерального (внешнего) края постабдоминального коготка разделены на 2 группы, в базальной группе 15–20 сетул, которые практически не отличаются размером от сетул проксимальной группы; вентральных сетул коготка 7–9. Предпоследний эндит первой торакальной конечности с небольшой перистой щетинкой. В отсутствии голотипа и до проведения молекулярно-филогенетического исследования возможно предположить, что данная популяция

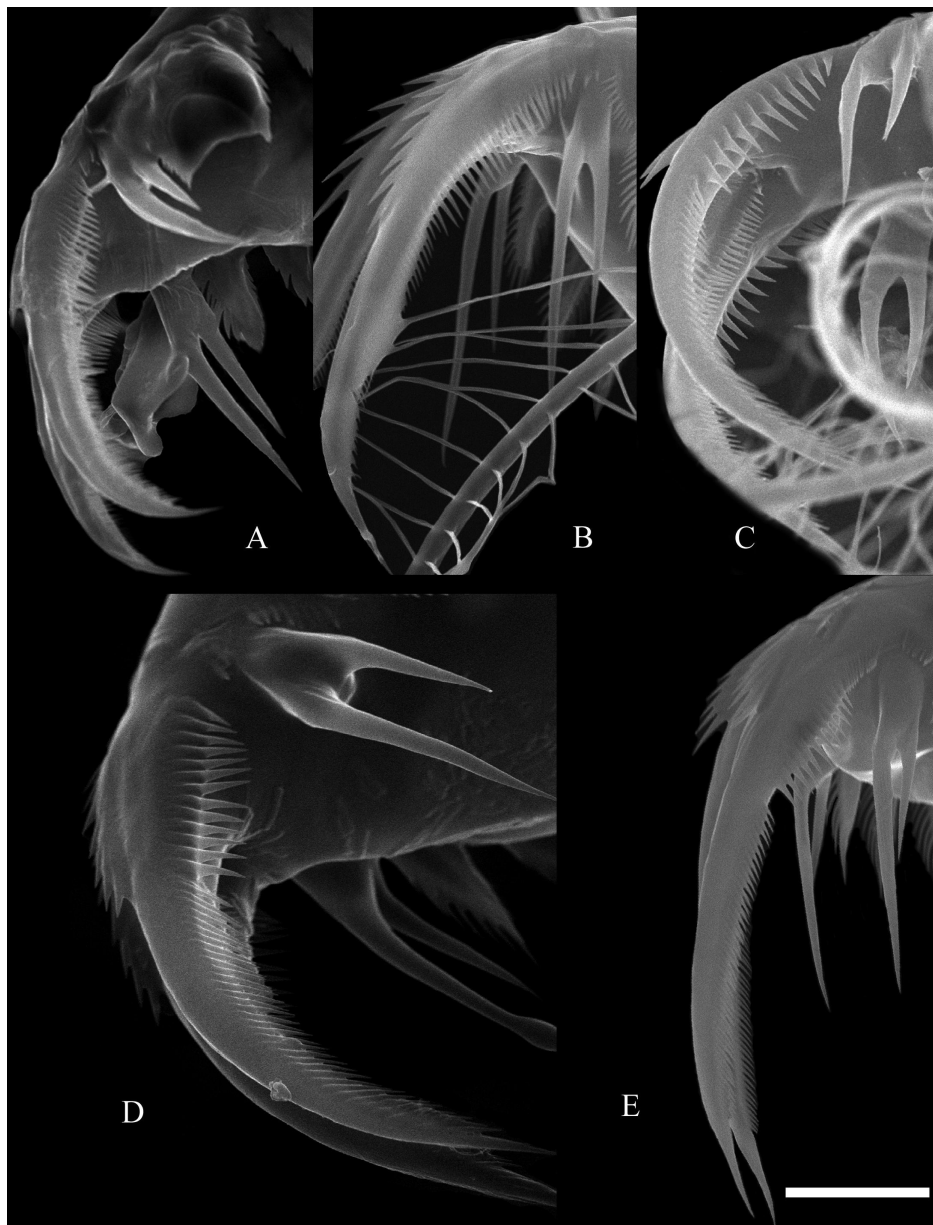


**Рис. 2.** *Moina micrura* из пелагиали Вислинского залива Балтийского моря. **А** – общий вид самки; **В** – голова и первые антенны; **С** – постабдомен с постабдоминальными коготками. Масштаб: **А** – 100  $\mu\text{m}$ , **В** – 50  $\mu\text{m}$ , **С** – 10  $\mu\text{m}$ .

относится к *Moina micrura* Kurz, 1875 *sensu stricto*, которая по данным Адама Петрусека (Карлов университет, Прага, Чешская Республика) распространена в западной Палеарктике, с генетическим подтверждением – Центральная Европа и Государство Израиль [Petrusek, персональное сообщение].

Сравнение морфологии постабдоминальных коготков (рис. 3), как важных диагностических структур, показывает, что для предстоящей ревизии рода *Moina* необходимо деталь-

ное переописание практически всех видов, описанных в XIX–XX вв. В дополнение к уже используемым морфологическим признакам необходимо учитывать количество и размер вентральных сетул постабдоминальных коготков и разделение дорсальных сетул на 2 или 3 группы, а также расположение латеральных щетинок антенны I (линейное или сгруппированное по три). Необходимо учитывать пластичность морфогенеза, свойственную многим кладоцерам, и в некоторых случаях различия



**Рис. 3.** Постабдоминальные коготки исследованных близкородственных видов *Moina*. **А.** *M. weismanni*, Узбекистан. **В.** *M. cf. micrura*, Эфиопия. **С.** *M. cf. dubia*, Россия. **Д.** *M. dubia*, Эфиопия. **Е.** *M. affinis*, США. Масштаб – 10  $\mu\text{m}$ .

самок, развивавшихся из латентных и субитанных яиц, что возможно только на контролируемых лабораторных культурах.

Впервые *M. micrura* была нами обнаружена в августе 2014 г. в пелагиали российской части акватории Вислинского залива на станции 1, расположенной недалеко от места впадения в залив р. Преголя (рис. 1). В пробе вид был представлен единственной самкой длиной 0.5 мм несущей 4 партеногенетических яйца (таблица). В сентябре 2014 г. этот вид был обнаружен вновь на той же станции, но был представлен уже 4 особями, длиной 0.5–0.6 мм, это также были самки, часть из них несла партеногенетические яйца. Роль вида в зоопланктоне также была невелика – 0.2% от суммарной численности. В августе 2015 г. *M. micrura* была отмечена уже на пяти станциях Вислинского залива: на станции 1, где вид был обнаружен впервые, а также на станциях 2, 3, 4 и 10, расположенных рядом с ней (рис. 1, таблица). Численность *M. micrura* на станции 1 в августе 2015 г. выросла в 8 раз, по сравнению с численностью, отмеченной в августе 2014 г.

На других станциях численность *M. micrura* была в 3–23 раза выше, чем на станции 1. Вид также, как и в 2014 г., был представлен самками длиной от 0.4 до 1 мм, часть из которых несла партеногенетические яйца.

В августе 2015 г. *M. micrura* впервые вошла в состав комплекса доминирующих видов, её обилие на станциях обнаружения составляло от 1.5 до 11.6% суммарной численности зоопланктона, вклад по биомассе был ещё выше – 3.4–14.7% от суммарной биомассы зоопланктона.

В августе 2016 г. *M. micrura* была отмечена на четырёх станциях и в сентябре – на одной станции, но уже не входила в состав комплекса доминирующих видов. Данный вид в августе 2016 г. вносил от 0.1 до 1.9% суммарной численности зоопланктона и 0.1–7.4% от суммарной биомассы зоопланктона. В сентябре на станции 1 вклад *M. micrura* составлял 1.5% по численности и 1.3% по биомассе.

В начале сентября 2017 г. *M. micrura* была отмечена на четырёх станциях. Как и в 2015 г., входила в состав комплекса доминирующих

**Таблица.** Динамика распространения *Moina micrura* и параметры среды на различных станциях Вислинского залива в 2014–2017 гг.

Дата отбора проб	№ станции	Численность, экз./м <sup>3</sup>	Средняя длина, мм	Плодовитость, яиц/экз.	Температура, °С	Солёность, ‰
08.08.2014	1	72	0.50	4.00	23.43	4.9
10.09.2014	1	222	0.55	0.50	17.04	4.5
20.08.2015	1	603	0.75	0.30	19.37	5.5
	2	14000	1.00	0	20.65	5.3
	3	8000	0.59	0.29	19.51	5.6
	4	2067	0.63	0.50	19.69	5.8
	10	4469	0.51	0.18	20.00	6.5
15.08.2016	3	134	0.50	0	19.29	4.4
	4	67	0.35	0	19.97	5.1
	5	2000	0.30	0	20.01	5.2
	10	2000	0.75	3.00	19.87	4.7
13.09.2016	1	2201	0.53	0.67	20.66	2.8
06.09.2017	1	18603	0.55	1.78	17.63	2.5
	2	2670	0.36	0	17.60	2.9
	3	268	0.45	0	17.86	4.3
	4	67	0.45	0	17.94	4.9

видов. Её обилие на станциях обнаружения составляло от 0.1 до 24.5% суммарной численности зоопланктона, вклад по биомассе составлял от 0.1 до 30.2% от суммарной биомассы зоопланктона. Численность популяции *M. micrura*, а также доля вида по численности и по биомассе зоопланктона на станции 1 в сентябре 2017 г. были максимальными за весь период исследований. Таким образом, в межгодовой динамике *M. micrura* на протяжении периода исследований наблюдаются летние всплески численности различной интенсивности и высокая пространственная неоднородность.

*Moina cf. micrura* нередко появляется в зоопланктоне водохранилищ Европейской части России. *M. micrura* была обнаружена в 1973 г. в подогретых водах Конаковской ГРЭС (Иваньковское вдхр., верхнее течение Волги) при пониженном уровне и, как следствие, прогреве воды выше среднего [Столбунова и др., 1975, Slynko et al., 2002]. В 1974 г. в литорали Рыбинского вдхр. около г. Череповец была зафиксирована единичная вспышка численности *M. micrura* [Мордухай-Болтовской и др., 1975]. По нашим данным, в современной фау-

не около Конаковской, Костромской и Черепетской ГРЭС, а также в водоёме-охладителе Нововоронежской АЭС обитает *M. cf. dubia*. Локальное повышение температуры аномально жарким летом 2010 г. привело к тому, что летом и в начале осени 2010–2011 гг. *M. cf. dubia* в массе встречалась в литорали Рыбинского вдхр. около п. Борок (наши данные), также этот же вид, обозначенный, как *M. micrura*, был встречен и в пелагиали [Соколова, 2012].

В августе в Вислинском заливе среди ветвистоусых ракообразных доминируют, как правило, *Diaphanosoma mongolianum* и *D. brachyurum*, а в более тёплые годы к ним добавляются *Chydorus sphaericus* и *Cercopagis pengoi*, в 2015 г. значительную долю от численности ветвистоусых ракообразных составляла *M. micrura* (рис. 4). Схожие процессы были отмечены и в других водоёмах. Так, при эвтрофировании озера Донгху в Китае [Yufeng et al., 1999] произошла смена доминирующих видов с представителей р. *Daphnia* на *D. brachyurum* и *M. micrura (sensu lato)*. В целом, представители *Moina gr. micrura* предпочитают постоянные, непересыхающие высокопродуктивные [Petrušek, 2002], тропические водо-

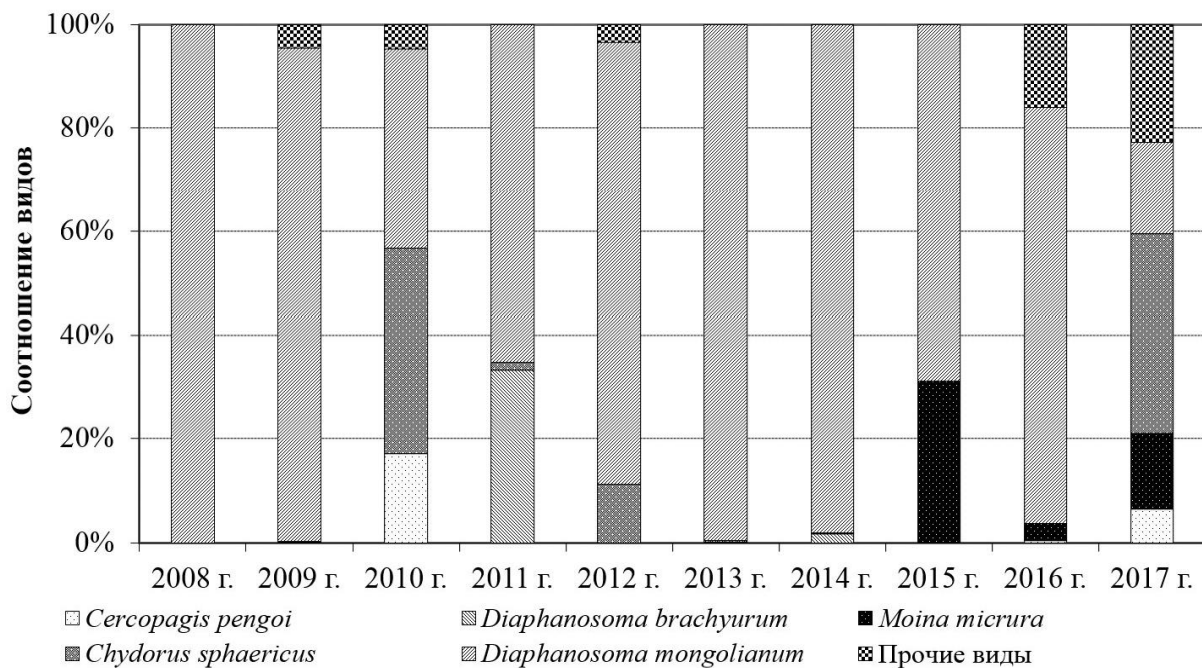


Рис. 4. Динамика доминирующих видов ветвистоусых ракообразных Вислинского залива по численности в августе 2008–2016 гг., начале сентября 2017 г.

ёмы, а в умеренном климате – тёплые периоды года и подогретые воды. По нашим данным (не опубликовано), у некоторых видов *M. gr. micrura*, включая популяцию из Вислинского залива, реакция избегания выражена сильнее [по методике Pietrzak et al., 2017 с изменениями], чем у видов *M. gr. macroscopa* и *M. gr. brachiata* [по Bekker et al., 2016], которые предпочитают временные водоёмы, тем самым избегая выедания рыбами.

Пути проникновения *M. micrura* в Вислинский залив ясны не до конца. Высока вероятность выхода мойны в залив из высокотрофных водохранилищ на реках, впадающих в залив, например, из Вислы, где *M. micrura* была отмечена во Влоцлавском вдхр. [Wisniewski, Bledzki, 1989]. В таком случае промежуточный этап вселения должен был бы проходить в литорали залива, но подробные гидробиологические исследования литорали Вислинского залива в эти годы не проводились. В октябре 2015 г. *M. micrura* также была найдена нами в нижнем течении р. Преголи, куда она, возможно, проникла из Вислинского залива в результате нагонных ветров, которые часто отмечаются в осенний период, так как мойна не указывается ни для водоёмов Калининградской обл., согласно последней сводке [Шибяева и др., 2013], ни для р. Преголи, по данным многолетних исследований [Полунина, 2014]. Ещё один путь проникновения видов-вселенцев в Вислинский залив – это балластные воды. Все суда, заходящие в порт Калининграда, проходят по Калининградскому морскому каналу, который является частью Вислинского залива. Латентные яйца *M. micrura* были обнаружены в балластных водах и могут переноситься этим путём на большие расстояния [Bailey et al., 2003; Alekseev et al., 2010]. Классический способ расселения кладоцер водоплавающими птицами [Proctor, 1964] тоже исключить нельзя.

Вислинский залив относится к высокотрофным водоёмам. В последние годы темпы его загрязнения и эвтрофирования продолжают быть высокими, так 1974–1976 гг. средняя для российской акватории залива годовая первичная продукция составляла  $276 \text{ гС} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{год}^{-1}$

[Крылова, 1984], а в 2001–2009 гг. она была  $316\text{--}487 \text{ гС} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{год}^{-1}$  [Александров, 2010]. Такой тренд отмечен и по показателям фито- и зоопланктона [Дмитриева, Семёнова, 2012]. К одним из факторов, несколько замедляющих процесс эвтрофирования, относится водообмен с Балтийским морем через пролив [Александров, 2010], поэтому как уровень первичной продукции, так и степень эвтрофирования района залива, примыкающего к проливу, существенно ниже по сравнению с районом впадения р. Преголи, где нами и была обнаружена *M. micrura*.

Вислинский залив по показателям солёности можно классифицировать как опреснённый морской водоём, среднемноголетняя солёность в нём составляет 3.7‰ [Александров, 2010] и подвержена значительным сезонным, межгодовым и пространственным колебаниям. Этот залив, как эстуарий, занимает промежуточное положение между пресноводными и морскими экосистемами, поэтому процесс вселения в него новых видов ветвистоусых ракообразных двунаправленный: в него вселились и понто-каспийские онихоподы *C. pengoi* и *E. anonychus*, и пресноводный вид *M. micrura*.

Основным параметром среды, сдерживающим распространение пресноводной мойны в Вислинский залив (таблица), является солёность [Santangelo et al., 2008]. Процесс переключения осмотической и ионной регуляции гидробионтов весьма сложен [Мартемьянов, 2017], требует больших энергетических затрат и, очевидно, крупных генетических изменений. Виды *M. gr. micrura* сильно различаются по реакции на солёность: встречаются до солёности 7.8‰ [Flössner, 1972], имеют высокую смертность при повышении солёности до 6‰ [Alam et al., 1993], обитают при 3–4‰ и успешно культивируется при 15‰ [Светличный, Губарева, 2002] и даже дают вспышки численности при солёности 19–20‰ [Jones et al., 2016]. Корректность определения видов *M. gr. micrura* в этих гидробиологических исследованиях нуждается в подтверждении, но такой разброс экологических данных согласуется с высоким генетическим разнообразием [Petrušek et al., 2004; Nédli et al., 2014; Bekker et al., 2016] морфологически хорошо раз-

личающихся видов (рис. 2, рис. 3), которые условно называются криптоическими.

Однако, солёность помимо прямого физиологического действия на организм (в первую очередь, влияния катионов натрия) имеет не прямые экологические эффекты на особей [Santangelo et al., 2008]. Так, при вселении пресноводного вида в солоноватые воды может снижаться трофическая конкуренция или повышаться качественная обеспеченность необходимыми питательными веществами. В лабораторных экспериментах с различными стандартными культурами *Chlorella* spp. и *Scenedesmus* spp. нами было показано, что все исследованные виды *M. gr. micrura* либо не приступали к образованию латентных яиц, либо отложенные яйца были не жизнеспособны. Это наблюдение частично подтверждается [Azuraidi et al., 2013] массовой продукцией латентных яиц *M. micrura (sensu lato)* при кормлении морской водорослью *Nannochloropsis oculata*, продуцирующей эйкозопентаеновую жирную кислоту, содержание которой в пище лимитирует гаметогенез у *Daphnia* [Abrusán et al., 2007]. Следовательно, видовой состав фитопланктона солоноватоводной пелагиали Вислинского залива может облегчать и стимулировать натурализацию *M. micrura*. Так как

продолжающееся эвтрофирование внутренних вод увеличивает риск цветения цианобактерий дополнительно необходимо упомянуть плохую изученность селективного действия спектра цианобактериальных токсинов на различные виды зоопланктона [Nandini et al., 2017] и на величину конкурентных и других биотических взаимодействий в планктоне в целом [Tang et al., 2017]. Можно предположить, что популяция мойн Вислинского залива была преадаптирована к негативным эффектам цианобактерий в высокотрофных, цветущих реках и водохранилищах Центральной Европы.

Наряду с эвтрофированием в последние десятилетия на акватории Вислинского залива по данным ежедневных наблюдений Гидрометцентра России отмечается локальное повышение среднегодовой температуры воды (рис. 5). Всё это свидетельствует о том, что в последние два десятилетия в заливе были созданы благоприятные условия как для вселения, так и для успешной натурализации *M. micrura*, которая в благоприятных условиях даёт регулярные вспышки численности. Обладая относительно низкой плодовитостью (в первой кладке до 4–6 яиц, у других мойн – до 20), эта мойна имеет очень короткий период развития яиц (меньше суток), что позволяет популяции

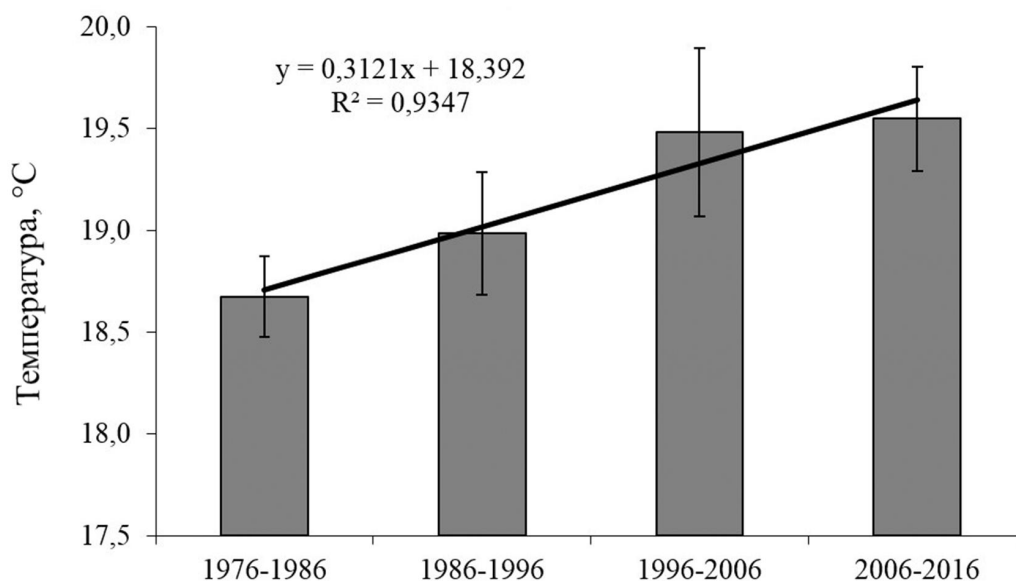


Рис. 5. Изменение среднегодовой температуры воды в Вислинском заливе в 1976–2016 гг.



в оптимальных условиях увеличивать свою плотность чрезвычайно быстро. Большие временные интервалы между пробами не позволяют судить о реальной, краткосрочной динамике этого вида в Вислинском заливе, что объясняет значительные межгодовые колебания максимальной численности. Тем не менее, именно отсутствие в редких пробах самцов и самок с латентными яйцами свидетельствует, что *M. micrura* сформировала в этом заливе устойчивую популяцию и банк латентных яиц, который регулярно позволяет быстро формировать вспышки численности при оптимальных условиях и с некоторым запаздыванием по отношению к максимальному прогреву воды.

В заключение необходимо отметить сложность репрезентативного определения видов *Moina* до полной ревизии рода фауны мира на основе молекулярно-филогенетических данных и морфологического переописания большинства видов. На данный момент нет ни одного определителя, который бы удовлетворительно работал на фауне мойн даже таких хорошо исследованных территорий, как Западная Европа или Европейская часть России. Для проверки диагноза можно рекомендовать список валидных видов кладоцер [Kotov et al., 2013, с изменениями по Bekker et al., 2016].

Эволюция предков Moinidae и Daphniidae проходила в направлении адаптации к астатичным условиям внутренних вод, которые характеризуются высокой скоростью и широким диапазоном колебаний абиотических параметров среды и биологических процессов. Имея физиологические адаптации к резким перепадам минерализации из-за испарения воды, обитающие во временных водоёмах виды *Moina* gr. macradora, последние десятилетия распространяются в Южной Америке [Paggi, 1997, Elmoor-Loureiro et al., 2010, Vignatti et al., 2013] даже в солёных озёрах. Недавно в солоноватом заливе в Бразилии была обнаружена *Moina dumonti*, обитающая во временных водоёмах Центральной Америки [da Silva Farias et al., 2017]. С распространением аквакультуры, антропогенным эвтрофированием и климатическими изменениями виды *Moina* gr. *micrura* бу-

дут всё чаще заселять новые водоёмы, а развитие филогении и систематики семейства Moinidae позволит своевременно и репрезентативно фиксировать такие изменения в нашей динамично изменяющейся биосфере.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФАНО России (тема № АААА-А18-118012690101-2).

### Литература

- Александров С.В. Первичная продукция планктона в лагунах Балтийского моря (Вислинский и Куршский заливы). Калининград: АтлантНИРО, 2010. 227 с.
- Дмитриева О.А., Семёнова А.С. Сезонная динамика и трофические взаимоотношения фито- и зоопланктона в Вислинском заливе Балтийского моря // Океанология. 2012. Вып. 52. № 6. С. 851–856.
- Жудова А.М. Зоопланктон Вислинского залива и его динамика // Гидробиологический журнал. 1978. Т. 14. № 1. С. 65–70.
- Киселёв И.А. Планктон морей и континентальных водоёмов. М.: Наука, 1969. Т. 1. 657 с.
- Крылова О.И. Функционирование планктона и бентоса Куршского и Вислинского заливов Балтийского моря в связи с их экологическими различиями: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М.: Ин-т эвол. морфологии и экологии животных, 1984. 23 с.
- Крылова О.И. Функционирование планктона и бентоса Куршского и Вислинского заливов Балтийского моря в связи с их экологическими различиями / АтлантНИРО. Калининград, 1985. 225 с. Деп. в ЦНИИТЭИРХ. 21.10.85; № 714-рх.
- Мартемьянов В.И. Современные представления о механизмах транспорта ионов натрия пресноводными гидробионтами из внешней среды // Биологические мембраны. 2017. Т. 34. № 2. С. 79–90.
- Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоёмах. Зоопланктон и его продукция. Л.: ГосНИОРХ, 1984. 33 с.
- Мордухай-Болтовской Ф.Д., Столбунова В.Н., Ривьер И.К. О нахождении *Moina brachiata* (Jurine 1820) *M. micrura* (Kurz 1874) в Рыбинском водохранилище // Информ. бюл. Биол. внутр. вод. 1975. № 28. С. 21–26.
- Науменко Е.Н. Видовой состав зоопланктона Куршского и Вислинского заливов Балтийского моря // Труды зоологического института РАН. 2008. Т. 312. № 1/2. С. 155–164.
- Науменко Е.Н. Структурно-функциональная организация зоопланктона Вислинского залива Балтийского моря: Монография. Калининград: АтлантНИРО, 2010. 198 с.

- Науменко Е.Н., Судник С.А. Видовое разнообразие ветвистоусых ракообразных (Crustacea: Branchiopoda: Cladocera Latreille, 1829) эстуариев Калининградской области (обзор) // Известия КГТУ. 2016. № 40. С. 23–33.
- Полунина Ю.Ю. Сезонный цикл развития зоопланктона нижнего течения реки Преголи // Известия КГТУ. 2014. № 32. С. 39–46.
- Светличный Л.С., Губарева Е.С. Особенности метаболической реакции на изменение концентрации кислорода у *Moina micrura* (Cladocera), выращенных при гипо- и нормоксии // Гидробиологический журнал. 2002. Т. 38. № 4. С. 35–44.
- Смирнов Н.Н. Фауна СССР. Ракообразные. Т. 16. Вып. 3. Macrothricidae и Moinidae фауны мира. Л.: Наука, 1976. 237 с.
- Соколова Е.А. Влияние аномально высокой температуры на зоопланктон Рыбинского водохранилища // Материалы всероссийской конференции «Бассейн Волги в XXI веке: структура и функционирование экосистем водохранилищ», Борок, 22–26 октября 2012 г. С. 274?276.
- Столбунова В.Н., Ривьер И.К., Пидгайко М.Л. Новые для Ивановского водохранилища виды планктонных Cladocera // Информ. бюл. Биол. внутр. вод. 1975. № 28. С. 33–36.
- Шибалева М.Н., Масюткина Е.А., Матвеева Е.П., Охупкина А.А. Видовое разнообразие зоопланктона как показатель экологического состояния водоёмов Калининградской области // Известия КГТУ. 2013. № 28. С. 153–163.
- Abrusán G., Fink P., Lampert W. Biochemical limitation of resting egg production in *Daphnia* // Limnology and oceanography. 2007. Vol. 52. No. 4. P. 1724–1728.
- Adamkiewicz-Chojnacka B. Dynamics of the Vistula Lagoon zooplankton numbers // Oceanologia. 1983. No. 16. P. 99–132.
- Alam M.J., Ang K.J., Cheah S.H. Use of *Moina micrura* (Kurz) as an *Artemia* substitute in the production of *Macrobrachium rosenbergii* (de Man) post-larvae // Aquaculture. 1993. Vol. 109. No. 3–4. P. 337–349.
- Alekseev V., Makrushin A., Hwang J.-S. Does the survivorship of activated resting stages in toxic environments provide cues for ballast water treatment? // Marine pollution bulletin. 2010. Vol. 61. No. 4. P. 254–258.
- Azuraidi O.M., Yusoff F.M., Shamsudin M.N., Raha R.A., Alekseev V.R., Matias-Peralta H.M. Effect of food density on male appearance and ephippia production in a tropical cladoceran, *Moina micrura* Kurz, 1874 // Aquaculture. 2013. Vol. 412–413. P. 131–135.
- Bailey S.A., Duggan I.C., van Overdijk C.D.A., Jenkins P.T., MacIsaac H.J. Viability of invertebrate diapausing eggs collected from residual ballast sediment // Limnology and oceanography. 2003. Vol. 48. No. 4. P. 1701–1710.
- Bekker E.I., Karabanov D.P., Galimov Y.R., Kotov A.A. DNA barcoding reveals high cryptic diversity in the North Eurasian *Moina* species (Crustacea: Cladocera) // PLoS one. 2016. Vol. 11. No. 8. P. e0161737.
- da Silva Farias D., Elmoor-Loureiro L.M.A., Branco C.W.C. First record of *Moina dumonti* Kotov, Elías-Gutiérrez & Granado-Ramírez, 2005 (Branchiopoda: Anomopoda) in Brazil // Check List. 2017. V. 13. № 3. P. 2144.
- Elmoor-Loureiro L.M.A., Santangelo J.M., Lopes P.M., Bozelli R.L. A new report of *Moina macrocopa* (Straus, 1820) (Cladocera, Anomopoda) in South America // Brazilian Journal of Biology. 2010. V. 70. № 1. P. 225–226.
- Flössner D. Krebstiere, Crustacea, Kiemen-und Blattfüßer, Branchiopoda, Fischläuse, Branchiura. Jena: Gustav Fischer Verlag, 1972. 501 p.
- Goulden C.E. The systematics and evolution of the Moinidae // Transactions of the American Philosophical Society. 1968. Vol. 58. No. 6. P. 1–101.
- Haney J.F., Hall D.J. Sugar-coated *Daphnia*: A preservation technique for Cladocera // Limnology and oceanography. 1973. Vol. 18. No. 2. P. 331–333.
- Jones S., Perissinotto R., Carrasco N.K., Vosloo A. Impact of a flood event on the zooplankton of an estuarine lake // Marine Biology Research. 2016. Vol. 12. No. 2. P. 158–167.
- Kotov A., Forry L., Korovchinsky N.M., Petrussek A. World checklist of freshwater Cladocera species. World Wide Web electronic publication. 25.01.2013. // (<http://fada.biodiversity.be/group/show/17>). Проверено 1.03.2017.
- Kurz W. Dodekas neuer Cladoceren nebst einer kurzen Uebersicht der Cladocerenfauna Böhmens // Sitzungsber. mathem.-naturwiss. Cl. kais. Akad. Wissensch. Wien. 1875. Vol. 70. P. 7–88.
- Nandini S., Miracle M.R., Vicente E., Sarma S.S.S., Gulati R.D. *Microcystis* extracts and single cells have differential impacts on the demography of cladocerans: a case study on *Moina* cf. *micrura* isolated from the Mediterranean coastal shallow lake (L'Albufera, Spain) // Hydrobiologia. 2017. Vol. 798. No. 1. P. 127–139.
- Nédli J., De Meester L., Major Á., Schwenk K., Szivák I., Forró L. Salinity and depth as structuring factors of cryptic divergence in *Moina brachiata* (Crustacea: Cladocera) // Fundamental and Applied Limnology/Archiv für Hydrobiologie. 2014. Vol. 184. No. 1. P. 69–85.
- Paggi J.C. *Moina macrocopa* (Straus, 1820) (Branchiopoda, Anomopoda) in South America: Another case of species introduction? // Crustaceana. 1997. V. 70. № 8. P. 886–893.
- Petrusek A. *Moina* (Crustacea: Anomopoda, Moinidae) in the Czech Republic: a review // Acta Soc Zool Bohem. 2002. Vol. 66. No. 3. P. 213–220.
- Petrusek A., Černí M., Audenaert E. Large intercontinental differentiation of *Moina micrura* (Crustacea:

- Anomopoda): one less cosmopolitan cladoceran? // *Hydrobiologia*. 2004. Vol. 526. No. 1. P. 73–81.
- Pietrzak B., Pijanowska J., Dawidowicz P. The effect of temperature and kairomone on *Daphnia* escape ability: a simple bioassay // *Hydrobiologia*. 2017. Vol. 798. No. 1. P. 15–23.
- Proctor V.W. Viability of crustacean eggs recovered from ducks // *Ecology*. 1964. Vol. 45. No. 3. P. 656–658.
- Riech F. Faunistische und experimentell-biologische Untersuchungen über die Tierwelt, insbesondere die Parasiten des Frischen Haffes (Eine Preisarbeit) // *Schriften der Königsbergen Gelehrten Gesellschaft. Naturwissenschaftliche Klasse*, 1927. 4 (8). P. 126–171.
- Ryñacska Z. Zooplankton Zalewu Wislanego // *Zeszyty Naukowe Wysey Szkoły Rolniczej w Olsztynie*. 1963. Vol. 16. No. 278. P. 41–57.
- Santangelo J.M., Bozelli R.L., Rocha A.D.M., Esteves F.D.A. Effects of slight salinity increases on *Moina micrura* (Cladocera) populations: field and laboratory observations // *Marine and Freshwater Research*. 2008. Vol. 59. No. 9. P. 808–816.
- Schödler J.E. Die Cladoceren des frischen Haffs nebst Bemerkungen über anderweitig vorkommende verwandte Arten // *Archiv für Naturgeschichte*. 1866. Jard. 32. Bd. 1. P. 1–56.
- Slynko Y.V., Korneva L.G., Rivier I.K., Papchenkov V.G., Scherbina G.H., Orlova M.I., Therriault T.W. The Caspian-Volga-Baltic invasion corridor // *Invasive aquatic species of Europe. Distribution, impacts and management*. Dordrecht: Springer, 2002. P. 399–411.
- Tang H., Hou X., Xue X., Chen R., Zhu X., Huang Y., Chen Y. *Microcystis aeruginosa* strengthens the advantage of *Daphnia similoides* in competition with *Moina micrura* // *Scientific Reports*. 2017. Vol. 7. No. 1. P. 10245.
- Vanhöffen E. Die niedere Tierwelt des Frischen Haffs // *Sitzungsbericht der Gesellschaft Naturforschender Freunde zu Berlin*. 1917. No. 2. P. 113–147.
- Wisniewski R., Bledzki L.A. Factors influencing the microspatial zooplankton and oxygen heterogeneity in Wloclawek Dam Reservoir // *Advances in Limnology*. 1989. Vol. 33. P. 3–8.
- Yufeng Y., Xiangfei H., Jiankang L. Long-term changes in crustacean zooplankton and water quality in a shallow, eutrophic Chinese lake densely stocked with fish // *Hydrobiologia*. 1999. Vol. 391. No. 1. P. 195–203.

## THE EXPANSION OF *MOINA MICRURA* KURZ, 1875 (CRUSTACEA: MOINIDAE) IN THE RUSSIAN PART OF THE VISTULA LAGOON (BALTIC SEA)

© 2017 Semenova A.S.<sup>a,\*</sup>, Tchougounov Vl.K.<sup>b,\*\*</sup>

<sup>a</sup> Atlantic Research Institute of Fisheries and Oceanography, 5, Dmitry Donskoy Str., Kaliningrad, 236022;

<sup>b</sup> Papanin Institute for Biology of Inland Waters of the RAS, Borok, 152742; e-mail: \* [a.s.semenowa@gmail.com](mailto:a.s.semenowa@gmail.com); \*\* [vlad.tchougounov@gmail.com](mailto:vlad.tchougounov@gmail.com).

*Moina micrura* Kurz, 1875 (Crustacea: Cladocera), a new species for the Vistula Lagoon of the Baltic Sea species, was found there for the first time. Within recent years *M. micrura* has formed a stable opportunistic population, which can become dominant in zooplankton at optimal abiotic and trophic conditions. The continuing eutrophication of the Vistula Lagoon as well as a local climate warming noted in recent decades are obviously the main reasons for the successful naturalization of this species in this water body.

**Key words:** *Moina micrura*, zooplankton, alien species, Vistula Lagoon, Baltic Sea.