

УДК 574/577:591.95(261.245)

СЕЗОННАЯ И МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ ПОПУЛЯЦИИ ВСЕЛЕНЦА *CERCOPAGIS PENGOTI* (OSTROUMOV, 1891) В ВИСЛИНСКОМ (КАЛИНИНГРАДСКОМ) ЗАЛИВЕ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

© 2017 Науменко Е.Н.^{a, b}

^a Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»

236022, Калининград, Советский проспект, 1;

^b Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Атлантический научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»

236000, Калининград, ул. Дм. Донского, 5;

e-mail: elenan.naumenko@gmail.com

Поступила в редакцию 28.11.2017

Представлены результаты многолетних наблюдений в режиме мониторинга за динамикой численности вида-вселенца *Cercopagis pengoti* (Ostroumov, 1891) в планктонном сообществе Вислинского (Калининградского) залива Балтийского моря. Получены данные о размерно-возрастной структуре популяции, индивидуальной плодовитости, распределении по акватории. Установлено, что в динамике численности популяции наблюдались резкие колебания, которые определялись гидрологическими условиями, особи *C. pengoti* имели большие размеры и плодовитость, чем в нативном водоёме и других водоёмах-реципиентах.

Ключевые слова: Вислинский залив, *Cercopagis pengoti*, динамика численности, структура, плодовитость.

Введение

Одной из важных проблем гидробиологии в настоящее время является проблема неконтролируемого вселения в водоёмы чужеродных видов. Несмотря на то, что расширение ареала видов способствует увеличению биологического разнообразия, не всегда виды-вселенцы оказываются безобидными для аборигенных сообществ и экосистемы-реципиента в целом [Алимов и др., 2004; Дгебуадзе и др., 2006]. Выжить в новых условиях и натурализоваться могут, как правило, только виды с широкой экологической валентностью, обладающие высокой конкурентной способностью. Однако эта конкуренция не всегда благоприятна для аборигенов. Под воздействием вселенца часто происходит изменение таксономической структуры со-

обществ [Телеш, 2006; Науменко, 2010]. Чужеродные виды попадают в водоёмы разными путями, из которых наиболее важным является судоходство [Алимов и др., 2004].

Вислинский залив также подвергся инвазиям водных беспозвоночных. Водоём расположен в юго-восточной части Балтийского моря и представляет собой полузамкнутый эвтрофный эстуарий лагунного типа [Науменко, 2010]. Вислинский залив является трансграничным водоёмом и находится в зоне хозяйственной деятельности двух государств – Российской Федерации и Республики Польша. Солёность воды в заливе колеблется от 1 до 8‰. Высокий водообмен с Балтийским морем в значительной степени определяет температурный и солёностный режимы в этом заливе [Сенин и др., 2004].

В Вислинском заливе в настоящее время зарегистрировано 22 чужеродных вида из различных таксономических групп [Науменко, 2010; Рудинская, Гусев, 2012]. В составе сообщества зоопланктона из чужеродных видов залива следует отметить веслоногих ракообразных *Acartia tonsa* Dana и относительно недавнего вселенца – ветвистоусых рачков *Cercopagis pengoi* (Ostroumov, 1891) [Науменко, 2010].

Целью работы было изучение размерно-возрастной структуры популяции *C. pengoi* в Вислинском заливе, распределения по акватории, а также зависимости динамики численности популяции от факторов среды.

Материал и методика

Материалом для данной работы послужили пробы зоопланктона, собранные в 1999–2016 гг. Пробы собирали в российской части Вислинского залива в режиме мониторинга один раз в месяц с мая по ноябрь на 9 стандартных станциях, расположенных согласно гидрологическому делению водоёма [Чечко, 2002] (рис. 1).

Орудием лова служил 5-литровый планктонобатометр Дьяченко – Кожевникова [Столбунова, Кожевников, 1977]. На каждой станции

отбиралась интегральная проба с трёх горизонтов (поверхностного: 0.5 м, среднего: 1.0–1.5 м и нижнего: более 2.5 м), которая процеживалась через газ с размером ячеек 150 мкм. Пробы фиксировали 4%-м формалином с добавлением сахарозы [Haneу, Hall, 1973]. Дополнительно для оценки размерно-возрастной структуры популяции *C. pengoi* были отобраны качественные пробы. Орудием лова служила ихтиопланктонная сеть ИКС-80, с размером ячеек 200 мкм. Объём собранного и обработанного материала за 1999–2016 гг. составил 600 количественных проб, 19 качественных проб, проведён биологический анализ более 2000 особей церкопагисов.

Камеральную обработку проб осуществляли по общепринятой методике счётным методом Гензена [Киселёв, 1969; Салазкин и др., 1984]. Ракообразных делили на размерно-возрастные группы, соответствующие стадии развития. У *Soropoda nauplii* – на ортонауплии и метанауплии, копеподиты – на I–III и IV–V стадии, половозрелых особей – на самцов, самок без яйцевых мешков и самок с яйцевыми мешками. У *Cladocera* выделяли размерно-возрастные группы, соответствовавшие стадии развития (линькам). *C. pengoi* делили на размерные группы от 0.50 мм до 3.00 мм с шагом 0.25 мм.

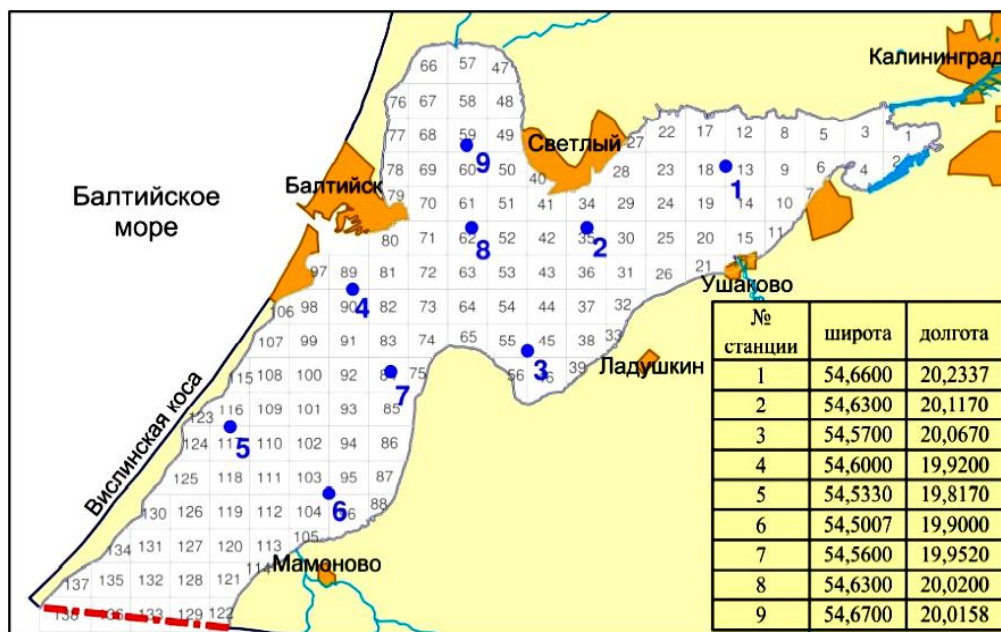


Рис. 1. Карта-схема расположения станций отбора проб в Вислинском заливе.

Биомассу организмов определяли по зависимостям массы тела от длины особи [Балушкина, Винберг, 1979а, 1979б]. Статистическую обработку полученных результатов проводили общепринятыми методами в программе Excel.

Далее в таблицах и по тексту указаны среднемноголетние значения численности, биомассы и т. д. и среднеквадратическое отклонение ($\pm s$), на рисунках – $\pm s$.

Результаты

C. pengoi был впервые обнаружен в Вислинском заливе в пробах зоопланктона, собранных во время экспедиции ФГБНУ «АтлантНИРО» 9 августа 1999 г. Температура воды в заливе в июле-августе составила 20 °С, солёность воды – 4.8‰. Вид был занесён в залив с нагонными течениями из Балтийского моря, сила которых возрастает в конце лета [Chubarenko et al., 1999]. В период вселения численность рачков в заливе была невысокой и изменялась от 30 до 310 экз./м³ и составляла в среднем 2% от численности и 10% от биомассы зоопланктона. Популяция была представлена особями с длиной тела от 1.00 до 2.75 мм (рис. 2).

Основу популяции составляли ювенильные особи, численность которых превышала 50%. Половая зрелость отмечалась у рачков при достижении длины 1.50 мм. Все партеногенетические самки несли в марсупии яйца. Плодовитость изменялась от 6 до 10 яиц. Количе-

ство гамогенетических самок было невелико – около 1%. Они несли по 1 зимнему яйцу. Численность самцов была примерно такой же. Распределение *C. pengoi* по акватории определялось величиной солёности воды. Наибольшая численность рачков отмечалась на станциях, расположенных вблизи морского пролива (станции 3, 4, 8), где солёность воды, по данным лаборатории гидрохимии ФГБНУ «АтлантНИРО», превышала 6‰. Максимальная численность вида (станция № 4) составила около 310 экз./м³. В районах, удалённых от пролива, количество рачков резко снижалось. Причём, как правило, выживали половозрелые особи. В сентябре *C. pengoi* в планктоне не был зафиксирован. В среднем численность вида в августе 1999 г. составила 174.3±114.4 экз./м³.

На следующий после вселения год популяция *C. pengoi* характеризовалась вспышкой численности. Вид появился в планктоне в середине мая при температуре воды 17 °С. Его численность составила в среднем по акватории около 140±70 экз./м³. Пик численности был зафиксирован через декаду в конце мая, составив в среднем по акватории 3362.5±4079.9 экз./м³. Наибольшая численность *C. pengoi* была зафиксирована на станции № 7 – 12340 экз./м³. Минимальное значение – 420 экз./м³ отмечено на станции № 8. В предустьевом районе р. Преголя (станция № 1) вид не был зафиксирован. В первой декаде июня было отмечено 568.6±560.2 экз./м³. Максимум численности отмечался на станции

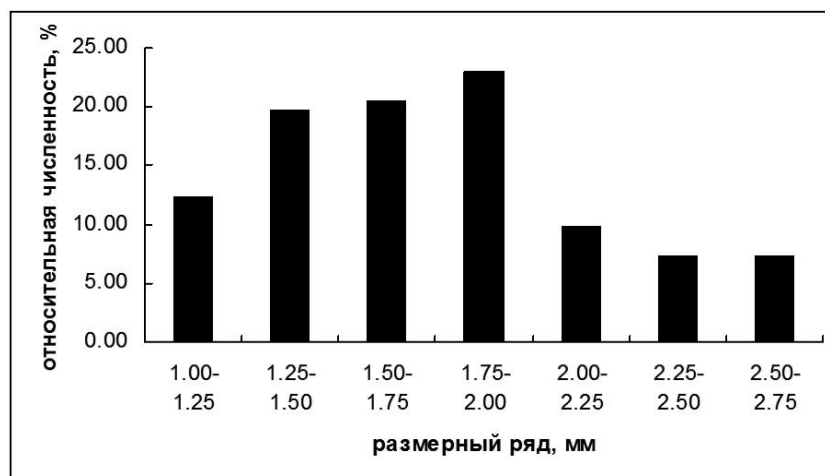


Рис. 2. Размерный состав популяции *Cercopagis pengoi* 9 августа 1999 г.

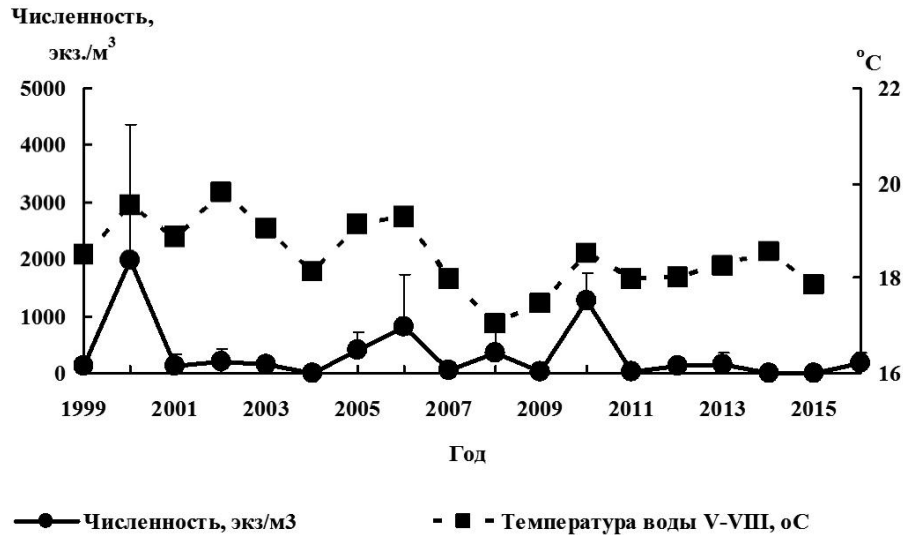


Рис. 3. Многолетняя динамика численности *Cercopagis pengoi* и средней за май – август (V–VIII) температуры воды в Вислинском заливе.

№ 3 – 1280 экз./м³, минимум на станции № 9 – 680 экз./м³. Во второй декаде июня вид был зафиксирован практически на всей акватории кроме опреснённых приустьевых районов р. Преголя. Численность рачков составила в среднем по акватории 568.6±484.8 экз./м³. Максимальная численность вида отмечена на станции № 9 – 1400 экз./м³, минимальная – на станции № 3 – 140 экз./м³. Так же, как и в предыдущие наблюдения, *C. pengoi* отсутствовал в опреснённых районах залива на станциях № 1, 2. В июле, когда температура воды превы-

сила 19 °С, вид отсутствовал в планктоне. В среднем за 2000 г. численность рачков была максимальной за весь период исследований – 4427.5±4105.4 экз./м³. В последующие годы динамика численности *C. pengoi* характеризовалась «пилообразной» кривой (рис. 3).

Для исследования тенденции динамики численности церкопагисов с целью снизить влияние «шумов» весь период наблюдений был разделён на пятилетки. В качестве фактора среды были использованы данные по средней температуре воды за май – август ФГУ «Ка-

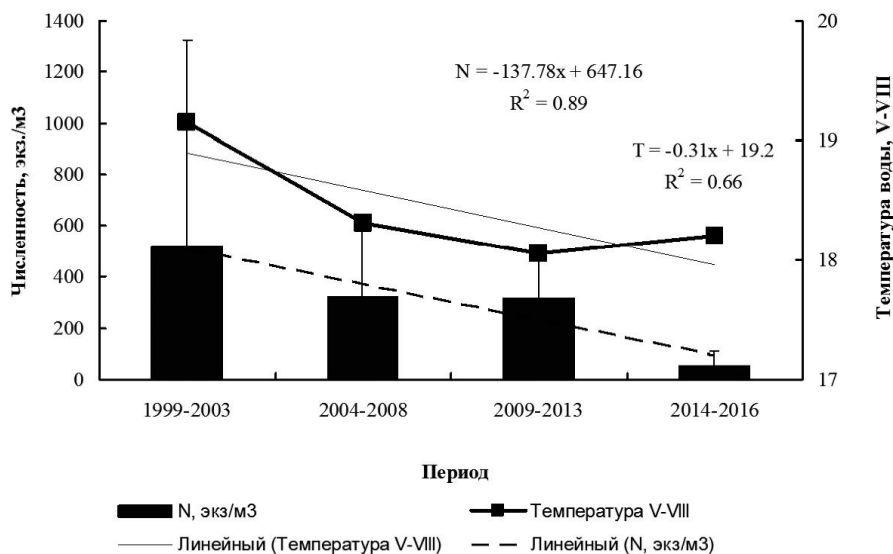


Рис. 4. Динамика численности *Cercopagis pengoi* и средней за май – август (V–VIII) температуры воды в Вислинском заливе по пятилеткам. Объём выборки $n = 624$ экз.

лининградский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» (Центрогидромет ГиМОС). Отмечена достоверная тенденция уменьшения численности популяции и достоверное снижение средней температуры воды за май – август (рис. 4).

Это дало возможность предположить влияние температуры воды на динамику численности популяции *C. pengoi*. Несмотря на невысокий коэффициент детерминации, можно заключить, что температура воды служит од-

ним из ключевых факторов динамики численности *C. pengoi* в Вислинском заливе (рис. 5).

Размерный состав и плодовитость. Популяция во все годы исследований была представлена особями от 0.5 до 3.0 мм. В мае наибольшая численность фиксировалась у размерной группы 1.00–1.25 мм, остальные размерные группы имели низкую численность. В июне, как правило, численность рачков была максимальной, и доминировали 6 размерных групп (рис. 6).

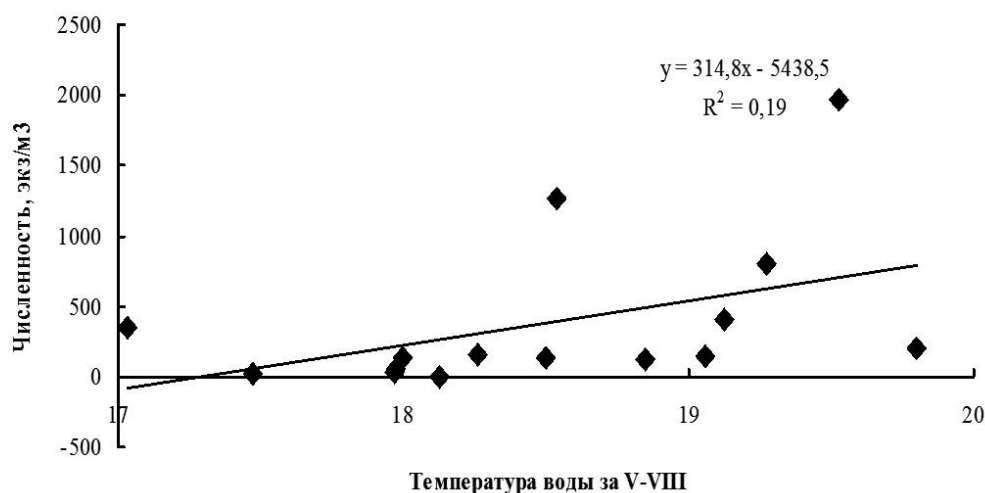


Рис. 5. Зависимость численности *Cercopagis pengoi* от средней за май – август (V–VIII) температуры воды.

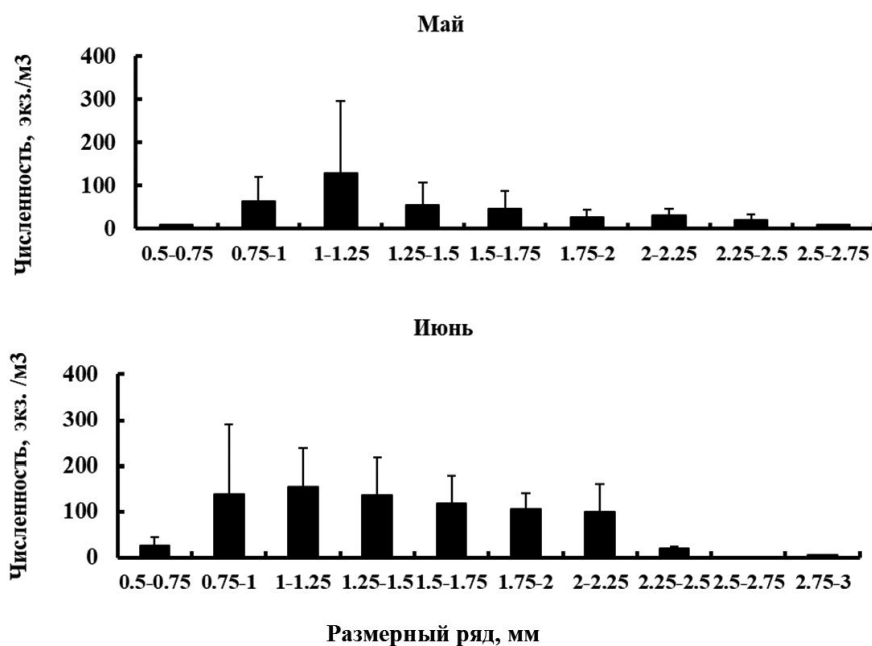


Рис. 6. Размерный состав популяции *Cercopagis pengoi* в мае и июне 2000–2016 гг.

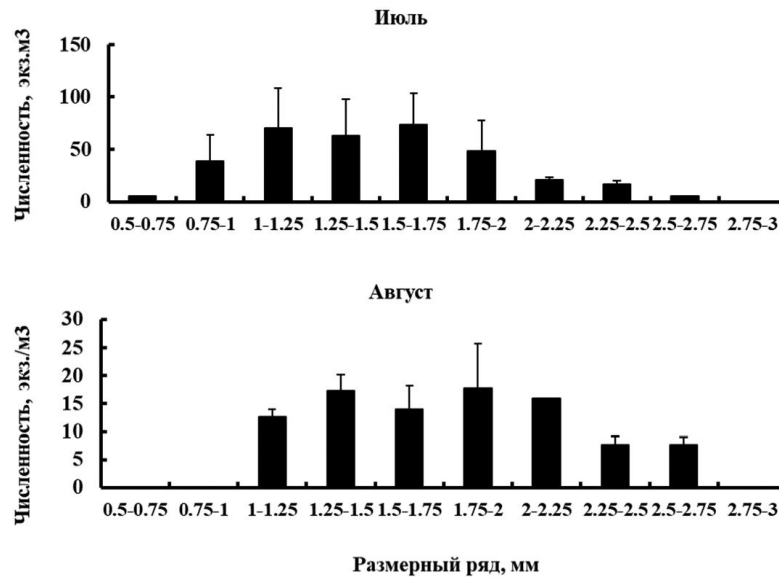


Рис. 7. Размерный состав популяции *Cercopagis pengoi* в июле и августе 2000–2016 гг.

В июле и августе, несмотря на общее снижение численности популяции, преобладали особи 5 размерных групп, причём в августе особи младших размерных групп отсутствовали (рис. 7).

В Вислинском заливе половая зрелость у партеногенетических самок наступала в размерных группах 1.00–1.25 и 1.25–1.50 мм. Индивидуальная плодовитость колебалась от 1 до 25 яиц. В мае-июне половая зрелость наступала у самок в размерных группах 1.00–1.25 мм, в июле – 1.25–1.50 мм, в августе – 2.50–2.75. По мере увеличения размеров самок плодовитость закономерно возрастала, достигая максимальных величин в размерной группе 2.25–2.50 мм. Затем у старших возрастных групп плодовитость снижалась (рис. 8).

Среднегодовая плодовитость партеногенетических самок варьировала от 4.9 ± 4.3 яиц до 12.4 ± 4.7 яиц в среднем за период исследований, составляя 7.9 ± 3.5 яиц. Минимальная средняя плодовитость самок отмечалась в 1999 г., когда вид проник в Вислинский залив, максимальная – в 2002 г. Начиная с 2010 г. происходило снижение средней плодовитости партеногенетических самок (рис. 9).

Обсуждение результатов

Cercopagis pengoi (Ostroumov, 1891) относится к видам аборигенной фауны Понто-Кас-

пийского бассейна. Он обитает, главным образом, в солоноватоводных районах Азовского, Каспийского и Аральского морей [Мордухай-Болтовской, Ривьер, 1987]. Вид обладает широкой экологической валентностью, в том числе эвригалинностью. Может обитать в водоёмах с совершенно пресной водой. В Каспийском море этот вид обитает при солёности от 0 до 13‰, причём оптимальной является солёность от 2 до 10‰. По системе каналов и с балластными водами *C. pengoi* достиг бассейна Балтийского моря. Затем он был обнаружен в озёрах Северной Америки [Laxson et al., 2003]. В Балтийском море впервые был зарегистрирован в 1992 г. в Рижском заливе [Ojaveer, Lumberg, 1995]. В 1995 г. *C. pengoi* был обнаружен в восточной части Финского залива [Krylov, Panov, 1998]. Затем он стал расширять свой ареал на север и юг Балтийского моря.

Как и все Cladocera, *C. pengoi* – летний теплолюбивый вид. Как все каспийские Polyphemoidea, он обладает большой эвритермностью. Вид появляется в планктоне весной, достигает массового развития летом, а осенью, при снижении температуры откладывает латентные яйца, которые позволяют ему пережить неблагоприятный зимний период. В Каспийском море *C. pengoi* появляется в планктоне при 17 °С и

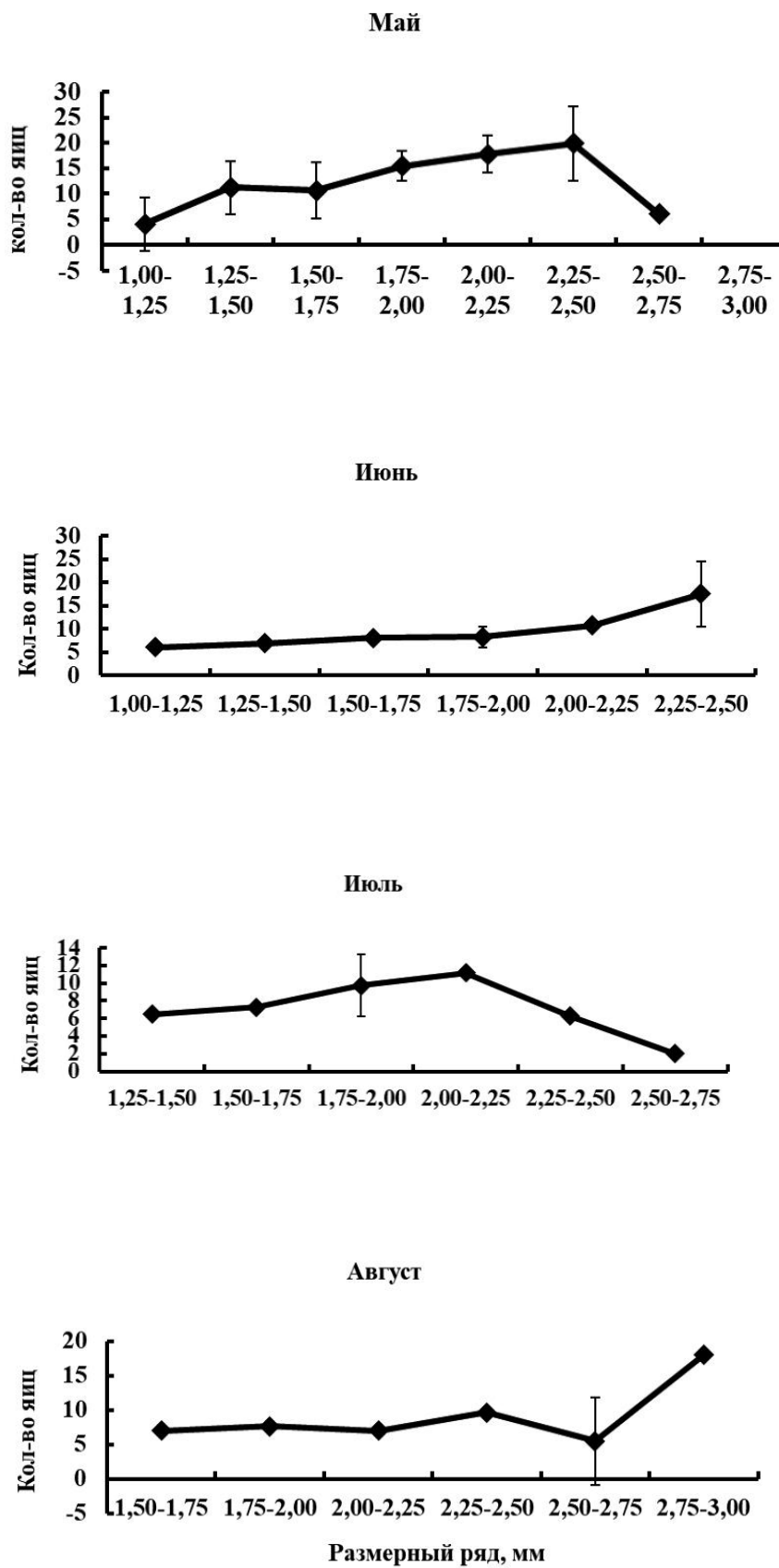


Рис. 8. Средняя плодовитость *Cercopagis pengoi* в 2000–2016 гг.

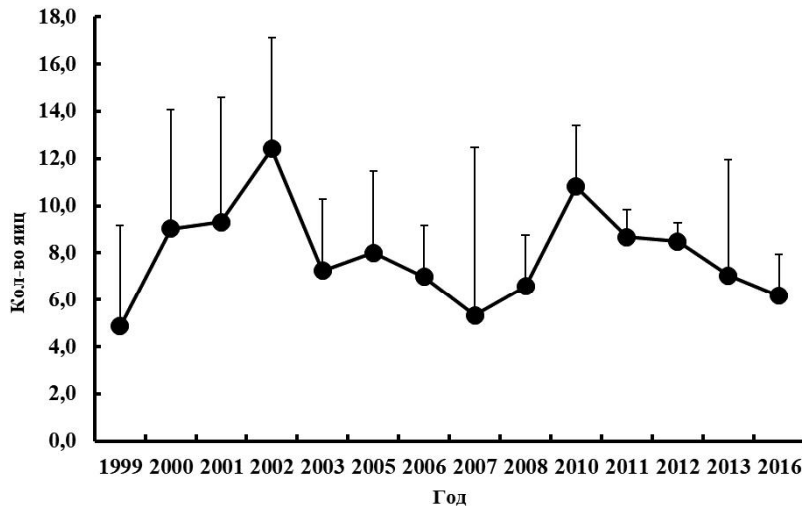


Рис. 9. Среднегодовая плодовитость *Cercopagis pengoi* в 1999–2016 гг.

исчезает при температуре воды ниже 13–16 °С [Ривьер, Мордухай-Болтовской, 1966].

В Вислинском заливе вид также появляется в планктоне в мае-июне при прогревании воды до температуры 15–17 °С. Однако при температуре воды выше 20 °С (август) он исчезает из планктона. Вероятно, кроме температуры воды на процесс онтогенеза оказывает влияние пониженная солёность воды и эвтрофные условия в Вислинском заливе [Сенин и др., 2004].

В Финском заливе *C. pengoi* интенсивно размножается в августе, причём максимальные плотности его популяции отмечались в верхнем 10-метровом прогревом слое воды [Телеш и др., 2000]. Численность рачков в Финском заливе в начале периода натурализации в 1996 г., как и в Вислинском заливе, была низкой и максимально составляла 300 экз./м³. В августе 1997 г., когда вид натурализовался в Финском заливе, отмечалась вспышка численности *C. pengoi*, его максимальная численность достигла 2 тыс. экз./м³. При этом плотность рачков была значительно выше, чем в Каспийском море [Litvinchuk, Telesh, 2006].

Подобная тенденция отмечена и в Вислинском заливе, только максимальная численность рачков превышала 12 тыс. экз./м³. В дальнейшем произошла стабилизация численности вида и её колебания около некоторой средней величины. Так продолжалось в Вислинском заливе до 2010 г., после чего численность рачков резко снизилась. Причиной послужила

новая крупномасштабная инвазия двустворчатых моллюсков *Rangia cuneata* (G.B. Sowerby I, 1831) из Чесапикского залива, которые являются мощнейшими фильтраторами [Рудинская, Гусев, 2012]. В результате этой инвазии и успешной натурализации рангий, численность и биомасса рачкового зоопланктона в летний период резко снизились. По литературным данным, церкопагисы питаются рачковым зоопланктоном или крупными коловратками [Holliland et al., 2012]. Вероятно, кроме температурного фактора на динамику численности *C. pengoi* оказало влияние ухудшение трофических условий, как это отмечалось и в других водоёмах [Telesh, 2017]. Об ухудшении трофических условий в планктоне Вислинского залива свидетельствует также снижение средней и максимальной плодовитости партеногенетических самок.

Заключение

Расселение *Cercopagis pengoi* по акватории Балтийского моря происходило с балластными водами судов. Однако появление этого вида в Вислинском заливе было связано с заносом из Балтийского моря с нагонными морскими течениями. Вид, обладающий широкой эвригалинностью, успешно натурализовался в Вислинском заливе. В первый год вселения численность вида была невысокой. Однако на следующий год произошла вспышка численности, что свидетельствовало о начале нату-

рализации. После успешной натурализации, популяция рачков характеризовалась стабильностью и колебаниями около некоторой средней численности. После вселения в донное сообщество мощного фильтрата – моллюска *Rangia cuneata*, вид стал достоверно снижать свою численность вследствие ухудшения трофических условий. В ближайшей перспективе это неизбежно приведёт к изменениям в трофической цепи Вислинского залива.

Благодарности

Автор выражает искреннюю благодарность главному научному сотруднику Зоологического института РАН, доктору биологических наук Ирине Викторовне Телеш за ценные и конструктивные замечания, а также рецензентам за внимательное прочтение рукописи. Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект 15-29-02706).

Литература

- Алимов А.Ф., Богуцкая Н.Г., Орлова М.И., Паевский В.А., Резник С.Я. Антропогенное распространение видов животных и растений: процесс и результат // В кн.: Биологические инвазии в водных и наземных экосистемах / Под ред. А.Ф. Алимова, Н.Г. Богуцкой. М.; СПб.: Товарищество научных изданий КМК, 2004. С. 16–43.
- Балушкина Е.В., Винберг Г.Г. Зависимость между длиной и массой тела планктонных ракообразных // В сб.: Экспериментальные и полевые исследования биологических основ продуктивности озёр / Под ред. Г.Г. Винберга. Ленинград, 1979а. С. 58–72.
- Балушкина Е.В., Винберг Г.Г. Зависимость между массой и длиной тела у планктонных животных // В сб.: Общие основы изучения водных экосистем / Под ред. Г.Г. Винберга. Ленинград, 1979б. С. 169–172.
- Дгебуадзе Ю.Ю., Фенёва И.Ю., Будаев С.В. Роль хищничества и конкуренции в инвазионных процессах на примере зоопланктонных сообществ // Биология внутренних вод. 2006. № 1. С. 67–73.
- Киселёв И.А. Планктон морей и континентальных водоёмов. Т. 1. Вводные и общие вопросы планктологии. Л.: Наука, 1969. 658 с.
- Мордухай-Болтовской Ф.Д., Ривьер И.К. Хищные ветвистоусые *Podonidae*, *Polyphemidae*, *Cercopagidae* и *Leptodoridae* фауны мира. Л.: Наука, 1987. 182 с.
- Науменко Е.Н. Структурно-функциональная организация зоопланктона Вислинского залива Балтийского моря. Калининград: Изд-во АтлантНИРО, 2010. 198 с.
- Ривьер И.К., Мордухай-Болтовской Ф.Д. Материалы по биологии каспийских полифемид // В сб.: Планктон и бентос внутренних водоёмов / Под ред. Б.С. Кузина. М.; Л.: Наука, 1966. Вып. 12 (15). С. 159–169.
- Рудинская Л.В., Гусев А.А. Вселение североамериканского двустворчатого моллюска *Rangia cuneata* (G.V. Sowerby I, 1831) (Bivalvia: Macrtridae) в Вислинский залив Балтийского моря // Российский журнал биологических инвазий. № 2. 2012. С. 115–127.
- Салазкин А.А., Иванова М.Б., Огородникова В.А. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресных водоёмах. Зоопланктон и его продукция. Л.: Изд-во ГосНИИОРХ, 1984. 33 с.
- Сенин Ю.М., Смыслов В.А., Хлопников М.М. Общая характеристика Вислинского залива // В кн.: Закономерности гидробиологического режима водоёмов разного типа / Под ред. А.Ф. Алимова. М.: Научный мир, 2004. С. 17–18.
- Столбунова В.Н., Кожевников А.П. Видоизменённая модель планктонобатометра ДК для работы с лодки // В сб.: Информ. бюлл. Биология внутр. вод / Под ред. Б.А. Флёрова. 1977. № 33. С. 69–73.
- Телеш И.В. Влияние биологических инвазий на разнообразие и функционирование сообществ зоопланктона в эстуарных экосистемах Балтийского моря (обзор) // Изв. Самарского НЦ РАН. 2006. Т. 8. № 3. С. 220–232.
- Телеш И.В., Крылов П.И., Большагин П.В., Литвинчук Л.Ф., Панов В.Е. Особенности биологии Понто-Каспийского вида *Cercopagis pengoi* (Crustacea, Oligosiphonida) в Балтийском море // В сб.: Виды-вселенцы в Европейских морях России / Под ред. Г.Г. Матишова. Апатиты: Изд-во Кольского научного центра РАН, 2000. С. 130–151.
- Чечко В.А. Анализ пространственно-временной изменчивости взвешенного вещества Калининградского залива Балтийского моря // Водные ресурсы. 2002. Т. 29. № 4. С. 425–432.
- Chubarenko B.V., Chubarenko I.P., Kuleshov A.F. The results of 1994–1997 field investigations of hydrological structure and transparency of water in Russian part of Vistula Lagoon // Freshwater fish and the herring populations in the coastal lagoons: Environment and Fisheries (Proceedings of Symposium). Gdynia, 6–7 May 1998 (Poland). Gdynia: Sea Fishery Institute, 1999. P. 45–59.
- Haney J.F., Hall D.J. Sugar-coated Daphnia: A preservation technique for Cladocera // Limnol. and Oceanogr. 1973. Vol. 18. No. 2. P. 331–333.
- Holliland P.B., Holmborn T., Gorokhova E. Assessing diet of the non-indigenous predatory cladoceran *Cercopagis pengoi* using stable isotopes // Journal of Plankton Research. 2012. Vol. 34. P. 376–387.
- Krylov P.I., Panov V.E. Resting eggs in the life cycle of *Cercopagis pengoi*, a recent invader of the Baltic Sea // Arch. Hydrobiol. Spec. Issues Advanc. Limnol. 1998. Vol. 52. P. 383–392.

- Laxson C.L., McPhedran K.N., Makarewicz J.C., Telesh I.V., MacIsaac H.J. Effects of the non-indigenous cladoceran *Cercopagis pengoi* on the lower food web of Lake Ontario // *Freshwater Biol.* 2003. Vol. 48. P. 2094–2106.
- Litvinchuk L.F., Telesh I.V. Distribution, population structure and ecosystem effects of the invader *Cercopagis pengoi* (Polyphemoidea, Cladocera) in the Gulf of Finland and the open Baltic Sea // *Oceanologia.* 2006. Vol. 48 (S). P. 243–257.
- Ojaveer H., Lumberg A. On the role of *Cercopagis pengoi* (Ostroumov) in Parnu Bay and the NE part of the Gulf of Riga ecosystem // *Proc. Estonian Acad. Sci. Ecol.* 1995. Vol. 5 (1/2). P. 20–25.
- Telesh I.V. Small details of big importance: Carbon mass determination in the invasive cladoceran *Cercopagis pengoi* (Ostroumov, 1891) by the high temperature combustion method // *NeoBiota.* 2017. Vol. 33. P. 19–32 (27 Jan 2017) // (<https://doi.org/10.3897/neobiota.33.9823>).

SEASONAL AND LONG-TERM DYNAMICS OF POPULATION ABUNDANCE OF THE INVASIVE SPECIES *CERCOPAGIS PENGROI* (OSTROUMOV, 1891) IN THE VISTULA (KALININGRAD) LAGOON OF THE BALTIC SEA

© 2017 Naumenko E.N.^{a, b}

^aFederal State Budgetary Education Institute of Higher Education “Kaliningrad State Technical University”; 236022, Kaliningrad, Sovetskiy Prospect, 1, Russia.

^bFederal state budgetary scientific institution
«Atlantic Research Institute of Fisheries and Oceanography»
5, Dm. Donskogo Str., Kaliningrad, 236022 Russia;
e-mail: elenan.naumenko@gmail.com

Results of long-term observations in the regime of monitoring of abundance dynamics of the invasive species *Cercopagis pengoi* (Ostroumov, 1891) in the plankton community of the Vistula (Kaliningrad) Lagoon of the Baltic Sea are presented. Data on size-age structure of the population, individual fecundity, distribution in water area were obtained. It was established the sharp fluctuations in the dynamics of the population abundance, which were caused by hydrological conditions. *C. pengoi* specimens had larger body size and higher fecundity compared to the specimens of the same species inhabiting the native reservoir and the other recipient reservoirs.

Key words: Vistula Lagoon, *Cercopagis pengoi*, abundance dynamics, structure, fecundity.