

УДК 595.324

ПОЯВЛЕНИЕ НОВЫХ ВИДОВ CLADOCERA (ANOMORODA, CHYDORIDAE, BOSMINIDAE) В ГИПЕРСОЛЕНОМ ОЗЕРЕ МОЙНАКИ (КРЫМ)

© 2020 г. Н. В. Шадрин^a, *, В. А. Яковенко^a, **, Е. В. Ануфриева^a, ***

^aФедеральный исследовательский центр “Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН”, Севастополь, 299011 Россия

*e-mail: snickolai@yandex.ru

**e-mail: yakovenko_vla@ukr.net

***e-mail: lena_anufriieva@mail.ru

Поступила в редакцию 25.03.2020 г.

После доработки 12.04.2020 г.

Принята к публикации 15.04.2020 г.

В 2018–2019 гг. проводилось круглогодичное исследование гиперсоленого озера Мойнаки (Западный Крым). Начиная с середины лета 2018 г., наряду с ранее обитавшим в озере видом *Moina salina*, впервые отмечено круглогодичное присутствие популяций еще двух видов *Chydorus sphaericus* и *Bosmina (Eubosmina) coregoni*. Ранее их в гиперсоленых водах не отмечали. Вселение, вероятно, следует связать, в первую очередь, с понижением солености, но современный уровень солености наблюдается уже не менее 20 лет. Вероятно, в настоящее время высокоэвтрофное состояние озера Мойнаки может обеспечить достаточное снабжение раков энергией для покрытия энергетических трат на осмоадаптацию.

Ключевые слова: гиперсоленое озеро, Cladocera, *Chydorus sphaericus*, *Bosmina coregoni*, *Moina salina*, Крым

DOI: 10.31857/S0044513420100141

Ветвистоусые ракообразные (Crustacea, Cladocera) играют важную роль в различных водных экосистемах, особенно пресноводных, где к настоящему времени описано порядка 620 видов (Forró et al., 2008). Значительно меньше видов кладоцер, не более 25–30, известно из солоноватоводных и морских местообитаний (Aladin, 1991; Pinder et al., 2002; Timms, 2009; Zhao et al., 2016; Xu et al., 2018). Гиперсоленые воды относятся к числу наиболее экстремальных местообитаний планеты, и поэтому разнообразие животных в них существенно ниже, чем в морских или пресных водах (Williams, 1998; Timms, 2009; Anufriieva et al., 2017). Только семь видов ветвистоусых ракообразных, как было отмечено ранее, смогли приспособиться к существованию в гиперсоленых местообитаниях (Boronat et al., 2001; Pinder et al., 2002; Timms, 2009; Amarouayache et al., 2012; Zhao et al., 2016; Xu et al., 2018; Загородняя и др., 2018). При проведении исследований гиперсоленого озера Мойнаки в 2018–2019 гг. было отмечено массовое развитие двух видов кладоцер, которых ранее в гиперсоленых водах не находили. Цель сообщения – дать краткое описание этой находки и попытаться понять, чем обусловлено развитие

популяций этих видов в непривычной для них среде.

Озеро Мойнаки ($45^{\circ}10'37''$ с.ш., $33^{\circ}18'50''$ в.д.) расположено на окраине г. Евпатория (Западный Крым), от Черного моря на юге его отделяет песчаная коса (средняя ширина 300 м) (Бондаренко, Яковенко, 2000; Shadrin et al., 2019). Длина озера 1.85 км, площадь – 1.76 км², а глубина варьирует от 0.5 до 1.0 м. До 1970-х гг. соленость в нем колебалась от 160 до 200 г/л, а затем стала снижаться из-за увеличения поступления в озеро пресной воды с сельскохозяйственных полей. В 1986 г. минерализация составляла 80 г/л; в 1996 г. – от 60 до 70 г/л; в 1997 г. – от 55 до 60 г/л; в 2007–2019 гг. – от 45 до 55 г/л. В 1990-х гг. отмечены существенные изменения биоты озера, в частности появились небольшие участки зарослей водного растения *Ruppia maritima* Linnaeus 1753, площадь которых постепенно увеличивалась, и в 2018–2019 гг. они занимали до 5% общей площади дна. Также были отмечены новые виды животных, в том числе amphipoda *Gammarus aequicauda* (Martynov 1931) и кладоцера *Moina salina* Daday 1888, ставшие постепенно массовыми. В настоящее время в озере визуально наблюдаются все признаки интенсив-

Таблица 1. Динамика численности трех видов Cladocera в гиперсоленом озере Мойнаки

Дата	T, °C	S, г/л	Численность вида, экз./м ³					
			<i>Moina salina</i>		<i>Chydorus sphaericus</i>		<i>Bosmina (Eubosmina) coregoni</i>	
			заросли рупции	открытая вода	заросли рупции	открытая вода	заросли рупции	открытая вода
11.07.2018	27.2	56	61800	347000	0	0	0	0
12.07.2018	27.1	56	105000	400000	0	0	0	0
13.07.2018	27.7	56	87000	205000	0	0	0	0
14.07.2018	28.0	56	75000	280000	0	0	0	0
15.07.2018	28.5	57	95000	260000	0	0	0	0
16.07.2018	28.4	56	85000	180000	0	0	0	0
18.07.2018	28.6	57	110000	350000	0	0	0	0
20.07.2018	28.0	57	100000	250000	0	0	0	0
22.07.2018	28.5	57	90000	220000	0	0	0	0
24.07.2018	29.0	58	80000	234000	0	0	0	0
26.07.2018	29.0	58	71000	287000	0	0	0	0
28.07.2018	28.6	59	54200	256000	0	0	0	0
31.07.2018	28.7	59	48700	221000	0	0	0	0
05.08.2018	29.0	59	38300	96000	1280	14200	0	100
09.08.2018	28.7	60	43200	258000	11500	66000	200	2400
12.08.2018	28.4	61	42200	310000	4600	38700	0	3900
16.08.2018	28.0	61	53800	284000	3100	43200	200	4500
20.08.2018	27.2	62	60100	217600	7700	45400	200	2000
23.08.2018	26.4	63	47400	178000	3200	37200	250	3200
05.11.2018	12.7	59	H	100	H	15600	H	220
20.11.2018	11.0	57	H	0	H	11200	H	140
07.12.2018	9.3	55	H	0	H	4300	H	90
05.01.2019	6.7	52	H	0	H	1200	H	0
16.02.2019	5.8	52	H	0	H	300	H	0
16.03.2019	7.6	52	H	0	H	1320	H	400
24.03.2019	7.8	52	0	—	1080	—	150	—
02.04.2019	9.1	52	250	350	300	500	100	0
14.04.2019	10.4	51	200	750	880	2100	100	400
27.04.2019	12.2	52	1100	2700	2000	3120	270	540
19.05.2019	17.4	51	18700	43500	1280	5400	100	220
26.07.2019	26.8	48	33500	108000	200	1500	0	1500
01.08.2019	26.5	50	41400	155000	600	14400	100	3400
05.08.2019	27.2	52	38300	370000	900	29100	200	2300
12.08.2019	26.6	53	42200	327600	3800	36800	500	4000
17.08.2019	26.8	53	63400	428000	3800	51700	500	2300

Примечания. T – температура, S – соленость, H – заросли руппии отсутствовали. Прочерк – отбор проб не производили, 0 – вид в пробах отсутствовал.

ного эвтрофирования (частое “цветение” воды, развитие зеленых нитчатых водорослей). Это обусловлено, прежде всего, увеличением количества жилых домов по берегам озера, ростом сельского хозяйства и рекреации. В 2018–2019 гг. отбор и обработку проб, измерение температуры и солености проводили традиционными методами (Shadrin et al., 2019). Пробы отбирали в двух биотопах – в зарослях морской травы руппии и вне этих зарослей. Результаты исследований представлены в табл. 1.

Во второй половине лета 2018 г. в озере впервые были отмечены два вида кладоцер *Chydorus sphaericus* (O.F. Müller 1776) и *Bosmina (Eubosmina) coregoni* Baird 1857, которые стали обычными компонентами зоопланктона озера. *M. salina* с ноября 2018 г. по март 2019 г. в озере отсутствовала, как и в 1996–1999 гг. (Бондаренко, Яковенко, 2000). В 2018 г. в зарослях руппии численность *M. salina* была в среднем в 3.9 раза, *C. sphaericus* – в 9.5 и *B. coregoni* – в 14.3 раза меньше, чем в открытой воде (уровень значимости различий, $p = 0.01–0.0001$). В 2019 г. аналогичные показатели составили, соответственно, 4.6, 10.8 и 10 ($p = 0.001$). Амфиопода *G. aequicauda*, напротив, в зарослях руппии имела большую численность, в среднем 27 600 и 62 880 экз./ м^3 соответственно, в 2018 г. и 2019 г., т.е. в 52 и 126 раз выше, чем в открытой воде. Ранее было показано, что в озере Мойнаки *G. aequicauda* питается планктонными животными (Shadrin et al., 2019). Показано также, что близкий вид амфиопод *G. lacustris* Sars 1863 г. способен успешно питаться кладоцерами (Wilhelm, Schindler, 1999). Различия в численности кладоцер в двух биотопах, следовательно, можно объяснить большим прессом хищников в зарослях руппии. Помимо этого, надо иметь в виду, что планктонные виды стараются избегать зарослей, больше концентрируясь в открытой воде.

Известно, что *C. sphaericus* и *B. coregoni* обитают как в пресных, так и в соленных водах (Boxshall, 2001), но в гиперсоленных их ранее не отмечали. Аквакультура на озере отсутствует, поэтому в дестабилизированную экосистему озера эти виды были занесены, вероятно, птицами, как и во многих других подобных случаях (Anufrieva et al., 2014; Geraldes, Alonso, 2014; Anufrieva, Shadrin, 2018; Beaver et al., 2018). *C. sphaericus* является сейчас широко распространенным таксоном (Европа, Азия, Америка, Африка, Австралия), однако существуют данные, что это группа близкородственных видов (Belyaeva, Taylor, 2009; Sharma, Kotov, 2015; Kotov et al., 2016). *B. coregoni* является евроазиатским видом, который вселился также в водоемы Северной Америки и расширяет свой ареал в Евразии и Америке (Smits et al., 2013; Geraldes, Alonso, 2014; Beaver et al., 2018).

Важно, что оба эти вида являются высокотолерантными, предлагающими эвтрофные водоемы (Андроникова, 1996; Нагорская и др., 2009; Gulati et al., 1991; Haberman et al., 2007; Wang et al., 2007; Basińska et al., 2014). В частности, *C. sphaericus* рассматривается в качестве вида-индикатора эвтрофирования (De Eyto, 2001; Смирнов, 2010). Успешное вселение, в первую очередь, следовало бы связать с понижением солености, но современный уровень солености наблюдается уже не менее 20 лет, а вселенцы впервые отмечены лишь летом 2018. Визуально отмечаемый рост трофности озера, вероятно, сыграл более важную роль. Осмоадаптация к высокой солености требует дополнительных затрат энергии и, вероятно, в настоящее время озеро Мойнаки, которое находится в высокоэвтрофном состоянии, может обеспечить достаточное поступление энергии в организмы раков. Увеличение площади зарослей водного растения *Ruppia* тоже могли содействовать успешности инвазии, в марте виды появлялись в планктоне вначале в зарослях этого растения. Дальнейшие исследования, возможно, помогут ответить вопросы, почему два вида кладоцер вселились в оз. Мойнаки одновременно, по каким причинам вселение не произошло раньше при уменьшившейся солености и какие факторы обусловили возможность вселения обоих видов?

БЛАГОДАРНОСТИ

Статья посвящена памяти выдающегося ученого и изумительного человека Николая Николаевича Смирнова, с которым двум авторам посчастливилось общаться.

Анализ и интерпретация данных, а также написание статьи выполнено при финансовой поддержке Российского Научного Фонда (проект № 18-16-00001, Е.В. Ануфриева, Н.В. Шадрин), мониторинг озера Мойнаки осуществляется в рамках гос. задания ФИЦ ИнБЮМ № AAAA-A19-119100790153-3.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Андроникова И.Н., 1996. Структурно-функциональная организация зоопланктона озерных экосистем. СПб.: Наука. 190 с.
- Бондаренко Л.В., Яковенко В.А., 2000. Трансформация видовой структуры ракообразных озера Мойнаки в связи с его опреснением // Віс. Дніпр. Універ. Біологія, Екологія. Т. 8. № 2. С. 100–105.
- Загородня Ю.А., Шадрин Н.В., Галаговец Е.А., Ануфриева Е.В., 2018. *Daphnia (Ctenodaphnia) atkinsoni* Baird 1859 и другие кладоцеры в соленых озерах Крыма // Актуальные проблемы изучения ракообразных. Сборник тезисов и материалов докладов научно-практической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения Николая Николаевича Смирнова. Ярославль: Филигрань. С. 69–74.

- Нагорская Л.Л., Мороз М.Д., Лаенко Т.М., Вежновец В.В.*, 2009. Фауна временных водоемов Беларуси. Минск: Беларуская Навука. 182 с.
- Смирнов Н.Н.*, 2010. Историческая биоценология пресноводных зооценозов. Москва: Товарищество научных изданий КМК. 225 с.
- Aladin N.V.*, 1991. Salinity tolerance and morphology of the osmoregulation organs in Cladocera with special reference to Cladocera from the Aral Sea // Hydrobiologia. V. 225. № 1. P. 291–299.
- Amarouayache M., Derbal F., Kara M.H.*, 2012. Note on the carcinological fauna associated with *Artemia salina* (Branchiopoda, Anostraca) from Sebkha Ez-Zemoul (northeast Algeria) // Crustaceana. V. 85. № 2. P. 129–137.
- Anufrieva E.V., Hołyńska M., Shadrin N.V.*, 2014. Current invasions of Asian cyclopoid species (Copepoda: Cyclopidae) in Crimea, with taxonomical and zoogeographical remarks on the hypersaline and freshwater fauna // Annales Zoologici. V. 64. № 1. P. 109–130.
- Anufrieva E.V., Shadrin N.V.*, 2018. Extreme hydrological events destabilize aquatic ecosystems and open doors for alien species // Quaternary International. V. 475. P. 11–15.
- Anufrieva E.V., Shadrin N.V., Shadrina S.N.*, 2017. History of research on biodiversity in Crimean hypersaline waters // Arid Ecosystems. V. 7. № 1. P. 52–58.
- Basińska A.M., Antczak M., Świdnicki K., Jassey V.E.J., Kuczynska-Kippen N.*, 2014. Habitat type as strongest predictor of the body size distribution of *Chydorus sphaericus* (O. F. Müller) in small water bodies // International Review of Hydrobiology. V. 99. № 5. P. 382–392.
- Beaver J.R., Renicker T.R., Tausz C.E., Vitanye B.T.*, 2018. Distribution of six taxa in the family Bosminidae Baird (Crustacea: Branchiopoda: Anomopoda) in the plankton of lakes and reservoirs within the continental United States, including expanded range of the invasive cladoceran *Bosmina (Eubosmina) coregoni* Baird // Zootaxa. V. 4407. № 4. P. 506–520.
- Belyaeva M., Taylor D.J.*, 2009. Cryptic species within the *Chydorus sphaericus* species complex (Crustacea: Cladocera) revealed by molecular markers and sexual stage morphology // Molecular Phylogenetics and Evolution. V. 50. № 3. P. 534–546.
- Boronat L., Miracle M.R., Armengol X.*, 2001. Cladoceran assemblages in a mineralization gradient // Hydrobiologia. V. 442. № 1–3. P. 75–88.
- Boxshall G.*, 2001. Cladocera – Branchiopoda // European register of marine species: a check-list of the marine species in Europe and a bibliography of guides to their identification. Costello M.J., Emblow C.S., White R.J. (Eds). V. 50. Paris: Muséum national d'histoire naturelle. P. 243–244.
- De Eyto E.*, 2001. *Chydorus sphaericus* as a biological indicator of water quality in lakes // Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie. V. 27. № 6. P. 3358–3362.
- Forró L., Korovchinsky N.M., Kotov A.A., Petrusk A.*, 2008. Global diversity of cladocerans (Cladocera; Crustacea) in freshwater // Hydrobiologia. V. 595. P. 177–184.
- Geraldes A.M., Alonso M.*, 2014. *Bosmina (Eubosmina) coregoni* Baird, 1857 (Crustacea, Branchiopoda, Anomopoda): new planktonic invader in the Iberian Peninsula // Graellsia. V. 70. P. 1–8.
- Gulati R.D., Vuik C., Siewertsen K., Postema G.*, 1991. Clearance rates of *Bosmina* species in response to changes in trophy and food concentration // Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie. V. 24. № 2. P. 745–750.
- Haberman J., Laugaste R., Noges T.*, 2007. The role of cladocerans reflecting the trophic status of two large and shallow Estonian lakes // Hydrobiologia. V. 584. № 1. P. 157–166.
- Kotov A.A., Karabanov D.P., Bekker E.I., Neretina T.V., Taylor D.J.*, 2016. Phylogeography of the *Chydorus sphaericus* group (Cladocera: Chydoridae) in the Northern Palearctic // PLoS ONE. V. 11. № 12. e0168711.
- Pinder A.M., Halse S.A., Shiel R.J., Cale D.J., McRae J.M.*, 2002. Halophile aquatic invertebrates in the wheatbelt region of southwestern Australia // Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie. V. 28. P. 1–8.
- Shadrin N., Yakovenko V., Anufrieva E.*, 2019. Suppression of *Artemia* spp. (Crustacea, Anostraca) populations by predators in the Crimean hypersaline lakes. A review of the evidence // International Review of Hydrobiology. V. 104. P. 33–44.
- Sharma P., Kotov A.A.*, 2015. Establishing of *Chydorus sphaericus* (O.F. Müller) s. str. (Crustacea: Cladocera) in Australia: consequences of mass fish stock from Northern Europe? // Journal of Limnology. V. 74. P. 225–233.
- Smits A.P., Litt A., Cordell J.R., Kalata O., Bollens S.M.*, 2013. Non-native freshwater cladoceran *Bosmina coregoni* (Baird, 1857) established on the Pacific coast of North America // BioInvasions Records. V. 2. № 4. P. 281–286.
- Timms B.V.*, 2009. Study of the saline lakes of the Esperance Hinterland, Western Australia, with special reference to the roles of acidity and episodicity // Natural Resources and Environmental Issues. V. 15.
- Wang S., Xie P., Wu S., Wu A.*, 2007. Crustacean zooplankton distribution patterns and their biomass as related to trophic indicators of 29 shallow subtropical lakes // Limnologica. V. 37. P. 242–249.
- Wilhelm F.M., Schindler D.W.*, 1999. Effects of *Gammarus lacustris* (Crustacea: Amphipoda) on plankton community structure in an alpine lake // Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. V. 56. P. 1401–1408.
- Williams W.D.*, 1998. Salinity as a determinant of the structure of biological communities in salt lakes // Hydrobiologia. V. 381. P. 191–201.
- Xu L., Lin Q., Xu S., Gu Y., Hou J., Liu Y., Dumont H.J., Han B.P.*, 2018. Daphnia diversity on the Tibetan Plateau measured by DNA taxonomy // Ecology and Evolution. V. 8. P. 5069–5078.
- Zhao W., Zhao Y., Wang Q., Zheng M., Wei J., Wang S.*, 2016. The community structure and seasonal dynamics of plankton in Bange Lake, northern Tibet, China // Chinese Journal of Oceanology and Limnology. V. 34. № 6. P. 1143–1157.

THE APPEARANCE OF NEW SPECIES OF CLADOCERA (ANOMOPODA, CHYDORIDAE, BOSMINIDAE) IN THE HYPERSALINE LAKE MOYNAKI, CRIMEA

N. V. Shadrin^{1,*}, V. A. Yakovenko^{1,**}, E. V. Anufriieva^{1,***}

¹Kovalevsky Institute of the Biology of Southern Seas, Russian Academy of Sciences, Sevastopol, 299011 Russia

*e-mail: snickolai@yandex.ru

**e-mail: yakovenko_vla@ukr.net

***e-mail: lena_anufriieva@mail.ru

In 2018–2019, a year-round study of the hypersaline Lake Moynaki, western Crimea was conducted. Since the mid-summer 2018, along with *Moina salina* which had previously been reported from the lake, the year-round presence of further two cladoceran species, *Chydorus sphaericus* and *Bosmina (Eubosmina) coregoni*, was recorded there for the first time. None of those species had ever been registered from hypersaline waters anywhere else. Their introduction seems to have occurred because of a salinity decrease, even though the modern level of salinity has been observed the same at least for the last 20 years. The presently highly eutrophic environment of Lake Moynaki is probably sufficiently energy-rich to sustain cladoceran osmo-adaptations.

Keywords: Cladocera, *Chydorus sphaericus*, *Bosmina coregoni*, *Moina salina*, hypersaline lake, Crimea