

УДК 595.3 (285.32) (477.75)

## РАЗНООБРАЗИЕ РАКООБРАЗНЫХ В ГИПЕРСОЛЕНОМ ОЗЕРЕ ХЕРСОНЕССКОЕ (КРЫМ)

*Ануфриева Е. В., Шадрин Н. В.*

*Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского, Севастополь, lena\_anufrieva@mail.ru*

Гиперсолёные водоёмы являются одними из наиболее экстремальных местообитаний, примером может служить озеро Херсонесское – замкнутая морская лагуна, расположенная в юго-западной части Крыма. Ракообразные в озере – наиболее массовая и разнообразная группа животных. 12-летние (2000–2012) исследования показали наличие в озере 14 видов ракообразных, из которых наиболее обычными и массовыми являются представители Nauplasticoida и Ostracoda. Максимальная солёность, при которой представители ракообразных обитали в озере, – 290‰, при более высоких солёностях были найдены только их покоящиеся стадии. Солёность является важным, но не единственным фактором, определяющим видовую структуру таксоцены ракообразных в озере. Биотические отношения при солёностях ниже 120–160‰, вероятно, играют более важную роль. Учитывая важность и уникальность данного водоёма, делается вывод о необходимости его дальнейшего изучения и сохранения. Возможно, путем включения в состав рядом расположенного заказника общегосударственного значения «Бухта Казачья».

*Ключевые слова:* гиперсолёные озера, ракообразные, Крым.

### ВВЕДЕНИЕ

В Крыму существует большое количество гиперсолёных водоёмов, которые являются одними из наиболее экстремальных местообитаний нашей планеты, с уникальной биотой и особенностями функционирования экосистем [2, 7, 15]. Биота этих водных экосистем во многом уникальна и является составной частью общего биоразнообразия Крыма, но ее изученность все еще недостаточна [10]. При этом в результате антропогенной деятельности гиперсолёные озера в Крыму трансформируются и уничтожаются, что ведет к исчезновению уникальных видов, в том числе имеющих коммерческое значение [16].

Необходимость разработки научных основ сохранения и устойчивого использования биоразнообразия этих своеобразных местообитаний является составной частью общей стратегии сохранения биоразнообразия Крыма. Экосистемы гиперсолёных водоёмов характеризуются короткими трофическими цепями, когда на каждый трофический уровень приходится не более 1–3 видов организмов [2, 11]. В этих экосистемах ракообразные, как правило, являются основными животными-гетеротрофами, как в пастбищных, так и детритных цепях. Цель данной работы – на примере Херсонесского озера (44°35'9"N-33°23'32"E) показать своеобразие биоты таких водоёмов с акцентом на таксоцене ракообразных. Для реализации поставленной цели были использованы многолетние данные (2000–2012), часть из которых ранее была опубликована [1, 2, 4, 5, 6, 12, 13, 17].

Озеро Херсонесское, входящее в состав Херсонесской группы солёных озёр, расположено в юго-западной части Крыма, на Гераклеийском полуострове (при проведении дорожно-строительных работ в 70 гг. XX века все остальные озера этой

группы были засыпаны) [8, 16]. Озеро является замкнутой морской лагуной и отделено от моря валунно-галечной пересыпью, через которую осуществляется фильтрационное питание морской водой. Следует отметить, что среди крымских гиперсоленых озер морского происхождения это – единственное озеро, имеющее не песчаную пересыпь. Озеро – мелководное, имеет овально-продолговатую форму, площадь зеркала составляет 0,05 км<sup>2</sup>, водосбора – 0,92 км<sup>2</sup>, средняя глубина – 0,38 м [8, 9]. Летом, вследствие понижения уровня воды, небольшая по размеру мелководная часть озера отделяется перешейком, вследствие чего формируется самостоятельное озерцо, условно названное «малым».

Озеро характеризуется высокой пространственно-временной изменчивостью абиотических параметров [7, 8, 9]. Интенсивный прогрев воды наблюдается с апреля и достигает своего максимума в августе (29,5–36°C), зимой температура воды в озере может опускаться ниже 0°C. Наименьшие значения температуры воды, ниже –7°C, отмечены в конце декабря – начале марта 2005–2006. Максимальная за период наблюдений величина солености составляла 340‰ (август 2009 г.), минимальная – 35,05‰ (февраль 2006 г.). В отдельные периоды наблюдалась значительная пространственная неоднородность поля солености. Соотношение основных ионов в воде, как и в других гиперсоленых озерах морского происхождения, не отличается практически от такового в Черном море. Величина водородного показателя (рН) обычно отклоняется от нейтральной реакции в сторону слабощелочной. Среднее значение величины рН в озере составляет 8,64, максимальные могут доходить до 10, что несколько выше, чем в водах Черного моря, и обусловлено высокой интенсивностью фотосинтеза.

За период наблюдений в фитопланктоне озера зарегистрирован 61 вид; по видовому разнообразию лидируют динофитовые – 19 видов, диатомовые – 15, зеленые – 9, цианобактерии – 7, золотистые – 6, криптофитовые – 3, евгленовые – 2 [7]. Макрофиты представлены 6 видами, 5 из них относятся к зеленым нитчатым водорослям отдела Chloophyta и один – к морским травам отдела Angiospermae [9]. Нитчатые зеленые водоросли часто формируют мощные донные и плавучие маты, в которых в отдельные периоды времени важную роль играют пурпурные бактерии – аноксигенные фототрофы. Наиболее разнообразны донные оксигенные фототрофы: суммарно за все годы отмечено 92 вида цианобактерий, донных диатомовых – около 70 видов [7]. Массово развиваются планктонные инфузории, среди них 24 вида аэробных инфузорий и ряд неидентифицированных анаэробных видов [8]; наибольшее их видовое разнообразие и численность отмечали в плавучих матах нитчатой зеленой водоросли кладофоры в летне-осенний период (до 15×10<sup>7</sup> экз./м<sup>3</sup>). Видовое разнообразие животных в гиперсоленых озерах Крыма не высоко, но численности представленных видов бывают огромными [5, 7, 12, 13]. В Херсонесском озере отмечены представители Nematoda, Turbellaria, Rotifera, Insecta (Diptera, Coleoptera,) и Crustacea, которые характеризуются наибольшим числом видов.

Экосистема озера может находиться в нескольких устойчивых состояниях, которые различаются видовой структурой биоты, также как и характером функционирования. При разных состояниях экосистемы разные группировки

первичных продуцентов (фитопланктон, маты зеленых нитчатых водорослей и др.) играют ведущую роль [9, 10]. В отдельные моменты времени основным первичным продуцентом являются аноксигенные фототрофы – пурпурные бактерии, развивающиеся в плавучих матах зеленых нитчатых водорослей. Различные альтернативные состояния экосистем гиперсоленых озер имеют и различающиеся фаунистические группировки [10].

## **МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ**

Материалом данной работы послужили количественные сборы планктона, матов и бентоса, проводившиеся стандартными методами в разные месяцы в период с 2001 по 2012. Методы сбора и обработки проб, как и значительная часть результатов, опубликованы ранее [1, 2, 4, 6, 12, 13]. Всего была обработана 201 проба. Параллельно взятию проб проводилась оценка абиотических параметров (соленость, температура, pH, Eh). Идентификация видов различных таксонов проводилась экспертами: Е.А. Колесниковой – Harpacticoida, Ю.А. Загородней, Л.Ф. Литвинчук, Е.А. Галаговец – Anostraca, Cladocera, Calanoida, И.Е. Драпун, В.А. Гринцовым – Ostracoda, В.А. Гринцовым – Amphipoda, В.Р. Алексеевым – Cyclopoida.

Данные подвергнуты статистической обработке. Для оценки взаимного влияния видов на встречаемость друг друга использовали метод, применяемый в геоботанике и гидробиологии [3]. Суть его заключается в следующем: 1. по данным обработки проб попарно определяли совместную встречаемость двух видов (наблюдаемая совместная встречаемость); 2. исходя из теоремы совместной встречаемости двух случайных несвязанных событий, определяли ожидаемую совместную встречаемость двух видов, как произведение встречаемости каждого из них; 3. сравнивали наблюдаемые и ожидаемые совместные встречаемости пар видов. В случае совпадения этих двух величин делался вывод, что встречаемость одного вида не влияет на встречаемость другого. Если ожидаемая встречаемость меньше наблюдаемой, то делается вывод, что виды «притягиваются» друг к другу, т.е. они одинаково реагируют на изменения среды или положительно влияют друг на друга. В случае, когда наблюдаемая совместная встречаемость ниже ожидаемой, делается вывод, что один из видов препятствует наличию другого или виды по-разному реагируют на изменения среды.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

Несмотря на то, что в каждый момент времени в озере в активном состоянии находили не более 5–6 видов ракообразных, всего, учитывая результаты данного исследования и опубликованные данные, идентифицировано 14 видов ракообразных. Ранее уже было отмечено, что в гиперсоленых озерах Крыма в активном состоянии находится меньшая часть видов животных [14]. Идентифицированные виды ракообразных относятся к четырем классам: Branchiopoda (отряды Anostraca, Cladocera), Ostracoda, Maxillopoda (подкласс

Соперода с отрядами Calanoida, Cyclopoida, Harpacticoida) и Malacostraca (отряд Amphipoda). Список видов ракообразных озера Херсонесского приведен ниже.

Класс Branchiopoda

Отряд Anostraca

*Artemia* (партеногенетическая популяция)

*Artemia salina* (Linnaeus, 1758)

Отряд Cladocera

*Moina salina* (Daday, 1888)

Класс Maxillopoda (подкласс Соперода)

Отряд Calanoida

*Arctodiaptomus salinus* (Daday, 1885)

Отряд Cyclopoida

*Acanthocyclops americanus* (Marsh, 1893)

Отряд Harpacticoida

*Cletocamptus retrogressum* (Schmankewitsch, 1875)

*Nitocra spinipes* (Boeck, 1864)

*Mesochra* sp.

*Canuella perplexa* (T. & A. Scott, 1893)

Класс Ostracoda

*Eucypris inflata* (G.O. Sars, 1903)

Класс Malacostraca

Отряд Amphipoda

*Orchestia gammarellus* (Pallas, 1766)

*Orchestia mediterranea* (Costa, 1853)

*Echinogammarus olivii* (Milne-Edwards, 1830)

Corophiidae (род и вид не определены)

Не все перечисленные виды встречаются в озере регулярно. Наиболее обычны и массовы представители Harpacticoida (*C. retrogressum* и др.) и Ostracoda (*E. inflata*), частота встречаемости их 82 % и 81 % соответственно. *Artemia* spp. (науплии – взрослые) – 18 %. При развитии плавучих матов нитчатых водорослей регулярно встречаются Amphipoda (*O. gammarellus*, *O. mediterranea*) – 14 %. Частота встречаемости представителей Cladocera, Calanoida, Cyclopoida была не выше 5 %. *E. olivii* встречен один раз в озере под камнями у берега при солености менее 50 ‰. Ценный промысловый вид *Artemia* встречается нерегулярно и чаще только в виде цист и науплиев, при массовом развитии хищных жуков артемии в озере не отмечались.

Сравнение наблюдаемых и ожидаемых частот совместной встречаемости пар видов показало, что для большинства пар видов не было достоверных различий этих величин. Это свидетельствует о независимости их встречаемости в водоеме. Только в трех случаях выявлены различия в этих величинах. Для пары «науплии *Artemia* – Harpacticoida» наблюдаемая совместная встречаемость (0,27) выше ожидаемой (0,1), что, вероятно, свидетельствует о сходной зависимости обоих видов от состояния среды. Для пар «Amphipoda – Harpacticoida» и «Amphipoda – Ostracoda» ожидаемая

встречаемость (0,18) оказалась выше, чем наблюдаемая (0,13), что, вероятно, объясняется тем, что развитию *Orchestia* благоприятствуют зрелые плавучие маты нитчатых водорослей, а развитию *Ostracoda* и *Naupacticoidea* – молодые диффузные маты. Численности различных видов также мало коррелируют между собой. Вероятно, общий уровень первичной продукции в большей степени влияет на численность видов ракообразных в изученном озере.

Наши эксперименты показали, что науплии артемий интенсивно выедаются остракодами, а взрослые артемии – водными жуками, которые нередко в озере достигают высокой численности. Все это не позволяет артемии демонстрировать тех высоких показателей развития, которые наблюдаются в других гиперсоленых озерах Крыма.

Следует отметить, что в подобных водоемах не наблюдается четкого разделения на планктон и бентос, наиболее массовые виды встречаются как на дне, так и в толще воды. Наибольшего количественного развития они достигают в плавучих матах, создаваемых зелеными нитчатыми водорослями рода *Cladophora*, что отмечалось и ранее [1, 8, 13].

Максимальная соленость, при которой обитали остракода *E. inflata*, *Naupacticoidea*, науплии *Artemia*, – 290‰, для *Moina* – 110‰, для *Orchestia* – 75‰. Если соленость была выше, чем верхний предел галотолерантности вида, то он был представлен только покоящимися стадиями. *Orchestia* при слишком высоких для нее соленостях уходила в выбросы водорослей на берегу моря. Соленость – важный фактор, определяющий видовую структуру таксоценов ракообразных в озере, но не единственный. Биотические факторы при соленостях ниже 120–160‰, вероятно, играют более важную роль.

Озеро используется различными видами куликов, в частности, краснокнижным ходулочником *Himantopus himantopus*, в качестве кормового полигона и места гнездования. Многие виды птиц отмечены на нем в периоды осенних и весенних перелетов. Следовательно, сохранение озера важно и для сохранения разнообразия птиц. Большинство видов ракообразных, встречающихся в озере, используются или могут использоваться в аквакультуре (живые корма для молоди рыб и креветок). Многие годы водоем используется в качестве международного научного полигона; на нем работали не только украинские ученые, но и специалисты из России, Великобритании, Италии, Швеции, Китая. Изучение биоты гиперсоленого озера Херсонесское вызывает огромный интерес, как с научной, так и с практической точек зрения – развитие новых биотехнологий и аквакультуры. Таким образом, сохранение его и рациональное использование является актуальной задачей. Учитывая то, что озеро находится вблизи границ заказника общегосударственного значения «Бухта Казачья», считаем целесообразным включение его в состав данного заказника.

## **ВЫВОДЫ**

Озеро Херсонесское является местообитанием не менее 14 видов ракообразных, формируя таксоцен ракообразных, отличающийся от таксоценов других гиперсоленых озер Крыма. Несмотря на ряд исследований проведенных на озере,

обитающие в нем ракообразные все еще недостаточно изучены, и можно ожидать находки в нем новых видов. Не ясны еще и факторы, определяющие структуру и динамику таксоцены ракообразных. Озеро, несомненно, является уникальным природным объектом и требует дальнейшего изучения и сохранения. Авторы считают целесообразным включение озера в состав рядом расположенного заказника общегосударственного значения «Бухта Казачья».

Авторы благодарны всем, помогавшим проводить исследования, и прежде всего – Е. А. Галаговец (Батоговой) и О. Ю. Еремину.

### Список литературы

1. Батогова Е. А., Герасимова О. В., Шадрин Н. В. Кладофоровые маты как уникальные сообщества гиперсоленых озер // Актуальні проблеми ботаніки та екології: Матер. Міжнарод. конф. молодих учених (м. Кременець, 11–15 серпня 2009 р.). – Тернопіль, 2009. – С. 17–18.
2. Влияние абиотических и биотических факторов на структурно-функциональную организацию экосистем соленых озер Крыма / [Балушкина Е. В., Голубков С. М., Голубков М. С. и др.] // Журн. общей биологии. – 2009. – Т. 70, № 6. – С. 504–514.
3. Драпун И. Е., Тамойкин И. Ю., Шадрин Н. В. Выделение комплексов видов на примере анализа таксоцены остракод Южной Атлантики // Биология моря. – 1991. – № 2. – С. 90–94.
4. Загородняя Ю. А., Батогова Е. А., Шадрин Н. В. Многолетние трансформации планктона в гипергалинном Бакальском озере (Украина, Крым) при колебаниях солености // Мор. экол. журн. 2008. – Т. 7, № 4. – С. 41–50.
5. Загородняя Ю.А., Шадрин Н.В. Кладоцера *Moina mongolica* – массовый вид в гиперсоленых озерах-лагунах Крымского полуострова // Мор. экол. журн. – 2004. – Т. 3, № 2. – С. 90.
6. Литвинчук Л.Ф., Шадрин Н.В., Бельмонте Дж. Зоопланктон Крымских гиперсоленых озер морского происхождения // Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер.: біологія. – 2006. – № 2(29). – С. 74–76.
7. Микроводоросли Черного моря: проблемы сохранения биоразнообразия и биотехнологического использования/[ред. Ю.Н. Токарев, З.З. Финенко, Н.В. Шадрин]. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2008. – 454 с.
8. Павловская Т. М., Празукин А. В., Шадрин Н. В. Сезонные явления в сообществе инфузорий гиперсоленого озера Херсонесское (Крым) // Мор. экол. журн. – 2009. – Т. 8, № 2. – С. 53–63.
9. Структура и сезонная динамика фитокомпоненты биокосной системы морского гиперсоленого озера на мысе Херсонес (Крым) / [Празукин А.В., Бобкова А.Н., Евстигнеева И.В. и др.] // Мор. экол. журн. – 2008. – Т. 7, № 1. – С. 61–79.
10. Шадрин Н.В., Загородняя Ю.А., Батогова Е.А. Биоразнообразие гиперсоленых озер Крыма: проблемы изучения, сохранения и перспективы использования // Международная научно-практическая конференция «Биоразнообразие и устойчивое развитие». (Крым, Симферополь, 19 – 22 мая 2010 г.). – Симферополь, 2010. – С. 178 – 180.
11. Carrasco N.K., Perissinotto R. Development of a Halotolerant Community in the St. Lucia Estuary (South Africa) during a Hypersaline Phase // PloS ONE. – 2012. – Vol. 7(1): e29927. doi:10.1371/journal.pone.0029927
12. Fauna of hypersaline lakes of the Crimea (Ukraine) / [Belmonte G., Moscatello S., Batogova E. A. et al.] // Thalassia Salentina. – 2012. – Vol. 34. – P. 11–24.
13. Kolesnikova E. A., Mazlumyan S. A., Shadrin N. V. Seasonal dynamics of meiobenthos fauna from a salt lake of the Crimea (Ukraine) // Environmental Micropaleontology, Microbiology and Meiobenthology. EMMM'2008 (Dep. of Appl. Geology, Univ. of Madras, India, Febr. 17-25, 2008). – Chennai (India), 2008. – P. 155–158.
14. Moscatello S., Belmonte G. Egg banks in hypersaline lakes of the South-East Europe // Saline Systems. – 2009. – Vol. 5:3 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.salinesystems.org/content/5/1/3>

15. Shadrin N.V. The Crimean hypersaline lakes: towards development of scientific basis of integrated sustainable management//13th World Lake Conference, Wuhan, China, 1–5 November, 2009 / N.V. Shadrin [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.ilec.or.jp/eg/wlc/wlc13/wlc13papers1.html>; [http://wldb.ilec.or.jp/data/ilec/WLC13\\_Papers/S12/s12-1.pdf](http://wldb.ilec.or.jp/data/ilec/WLC13_Papers/S12/s12-1.pdf)
16. Shadrin N., Anufriieva E., Galagovets E. Distribution and historical biogeography of *Artemia* leach, 1819 (Crustacea: Anostraca) in Ukraine / Int. J. *Artemia* Biology. – 2012. – Vol. 2, N 2. – P. 30–42 / N. Shadrin, E. Anufriieva, E. Galagovets [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://journal-artemiabiology.com>.
17. Zooplankton from coastal salt lakes of the Crimea (Ukraine) / [Litvinchuk L., Moscatello S., Belmonte G. et al.] // Rapp. Comm. Intern. Mer. Mediter. – 2007. – Vol. 38. – P. 530.

**Ануфрієва О. В., Шадрін М. В. Різноманіття ракоподібних у гіперсолоному озері Херсонеське (Крим)** // Екосистеми, їх оптимізація та охорона. Сімферополь: ТНУ, 2012. Вип. 7. С. 55–61.

Гіперсолоні водойми є одними з найбільш екстремальних місць існування, прикладом є озеро Херсонеське – замкнута морська лагуна, що розташована в південно-західній частині Криму. Ракоподібні в озері – найбільш масова й різноманітна група тварин. 12-річні (2000–2012) дослідження показали наявність в озері 14 видів ракоподібних, з яких найбільш звичайними та масовими є представники Naupacticoidea і Ostracoda. Максимальна солоність, при якій представники ракоподібних мешкали в озері, – 290‰, при вищій за цю солоність були знайдені тільки їх сплячі стадії. Солоність є важливим, але не єдиним фактором, що визначає видову структуру таксоцену ракоподібних в озері. Біотичні відношення при солоності нижче 120–160‰, ймовірно, грають більш важливу роль. Враховуючи важливість і унікальність даної водойми, зроблено висновок про необхідність її подальшого вивчення та збереження, можливо, шляхом включення до складу поруч розташованого заказника загальнодержавного значення «Бухта Козача».

*Ключові слова:* гіперсолоні озера, ракоподібні, Крим.

**Anufriieva E. V., Shadrin N. V. Crustacean diversity in hypersaline Chersoness Lake (Crimea)** // Optimization and Protection of Ecosystems. Simferopol: TNU, 2012. Iss. 7. P. 55–61.

Hypersaline water bodies are among the most extreme habitats on our planet. Hypersaline Chersonessk Lake – closed marine lagoon is an example of such habitat. It is located in SW part of the Crimea near Sevastopol. Crustacea are a most common and abundant group of animals in the lake. During 12-years study 14 species of Crustacea were found here. The highest salinity under which active Crustacea was found is 290‰. The salinity is a very important, but not single factor which influence on Crustacean taxon composition in the lake. Biotic relations play the more important role in forming of Crustacean taxocen structure under salinities below 120-160‰. Taking into account a natural importance and uniqueness of this water body we need to continue its study and protect, it's It is possible to include it in closely situated the National Nature Reserve «Bukhta Kazachya».

*Key words:* hypersaline lakes, Crustacea, Crimea.