

ЗООПЛАНКТОН, ЗООБЕНТОС,
ЗООПЕРИФИТОН

УДК 595.33(285.32)(477.75)

РАСПРОСТРАНЕНИЕ И ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ ЭКСТРЕМАЛЬНО
ГАЛОТОЛЕРАНТНОГО ВИДА *Eucypris mareotica* (Fischer, 1855)
(Crustacea, Ostracoda) В ГИПЕРСОЛЕННЫХ ОЗЕРАХ КРЫМА

© 2019 г. Е. В. Ануфриева¹, *, Е. А. Колесникова¹, Н. В. Шадрин¹

¹Институт морских биологических исследований им. А. О. Ковалевского Российской академии наук,
пр. Нахимова, д. 2, Севастополь, 299011 Россия

*e-mail: lena_anufrieva@mail.ru

Поступила в редакцию 26.05.2017 г.

После доработки 07.08.2017 г.

Принята к публикации 04.09.2017 г.

На основании многолетних наблюдений (2005–2016 гг.) проанализированы распространение, динамика численности и влияние разных факторов среды на Ostracoda в гиперсолёных озерах Крыма. Показано, что в водоемах встречается только один представитель класса – *Eucypris mareotica* (Fischer, 1855). Вид отмечен в озерах Крыма при максимальной солёности 300 г/л. Частота встречаемости вида имеет обратную связь с солёностью. Рачки достигают высокой численности в планктоне (650 тыс. экз./м³), бентосе (565 тыс. экз./м²) и плавучих матах нитчатых зеленых водорослей *Cladophora* spp. (9.9 млн экз./на 1 кг сырой массы мата). Используя кальций и магний для построения своих раковин, остракоды снижают концентрацию этих элементов в воде. Отмечена возможность использования раковин остракод для палеоклиматических и палеолимнологических реконструкций.

Ключевые слова: Ostracoda, динамика численности, цикл кальция, цикл магния, гиперсолёные озера, Крым

DOI: 10.1134/S0320965219020037

ВВЕДЕНИЕ

Остракоды – класс ракообразных, который включает более 8550 ныне живущих видов. Они играют важную экологическую роль в водных экосистемах, являясь чрезвычайно древней группой животных, существующей ≥425 млн лет [19, 20]. Представители этого класса смогли приспособиться к существованию не только в водной среде, но и в сырых почвах (*Mesocypris* spp.) в Южной Африке, Австралии и Новой Зеландии [37]. Уже в ордовике остракоды начали заселять гиперсолёные водоемы [18, 38]. Ряд видов успешно адаптировался к существованию в таких озерах, которые относятся к наиболее полиэкстремальным биотопам планеты [10, 16, 21, 22, 26, 27, 31]. Не менее восьми видов, обитающих на разных континентах, способны существовать при солёности ≥150 г/л. *Eucypris mareotica* (Fischer, 1855) (его младший синоним *Eucypris inflata* (Sars, 1903)) – наиболее галотолерантный вид среди остракод, встречается в природе при солёности 3–325 г/л [10, 13, 16, 21, 25, 39] и широко распространён в Евразии и Северной Африке [16, 21, 39, 40]. Будучи теплолюбивым видом, он заходит далеко на север, например, в массовом количестве отмечен на островах Белого моря (67°09' с.ш.)

[33]. Широкому распространению рачка способствуют наличие покоящихся яиц [36] и возможность существовать в виде двуполых и партеногенетических популяций [16]. Недавно выполнено переописание вида с использованием особенностей крымских популяций, на основе которого сделан вывод, что *E. mareotica* не относится к роду *Eucypris*, однако его название пока предложено не изменять [30]. Изучение распространения и экологии данного вида важно не только для лучшего понимания функционирования современных водных экосистем, но и для палеоклиматических и палеолимнологических реконструкций [24, 28].

На Крымском п-ве, крупнейшем на Черном море, расположено ~50 крупных и множество мелких гиперсолёных водоемов, включая залив Азовского моря Сиваш (рис. 1). Все водоемы полимиктические, мелководные и характеризуются широкими диапазонами колебания солёности, температуры и pH, многие из них частично или полностью пересыхают [11, 15]. По происхождению они делятся на морские и континентальные. Кроме естественных водоемов на Керченском п-ве существует ряд искусственных водоемов (пруды, водохранилища), которые вследствие аридности климата становятся гиперсолёными [15].

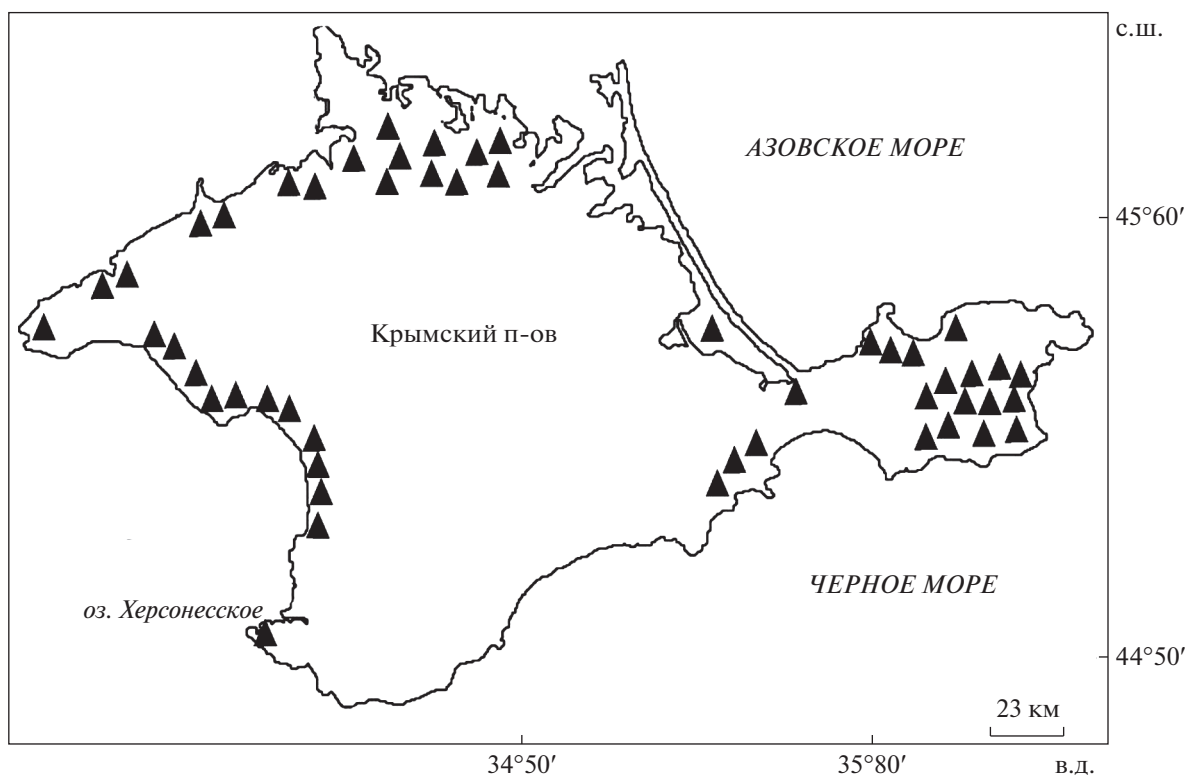


Рис. 1. Схема расположения гиперсолёных водоемов Крыма (черные треугольники).

Комплексные исследования биоразнообразия гиперсолёных озер Крыма проводили в 2000–2016 гг. [3, 12, 17]. В ряде работ отмечено массовое развитие вида *E. mareotica*, но в целом изучению остракод не уделялось должного внимания [2, 5, 6, 34]. Исследования кернов, взятых при бурении скважин, показали, что вид существовал в регионе уже в верхнем миоцене [7]. Поэтому изучение современного распространения и динамики численности *E. mareotica* в водоемах Крыма могут быть использованы при палеорекострукциях среды за последние 10–20 млн лет.

Цель работы — анализ многолетних данных по изучению распространения и динамики численности остракоды *E. mareotica* в модельном оз. Херсонесское и в других гиперсолёных озерах Крыма и определение влияния различных факторов среды на данный вид.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В настоящей работе основное внимание уделено изучению остракод оз. Херсонесское (44°35'10" с.ш., 33°23'32" в.д.), которое было выбрано в качестве модельного. Озеро находится на мысе Херсонес, крайней западной точке г. Севастополь. Озеро представляет замкнутую морскую лагуну, отделенную от моря валунно-галечной пересыпью, через которую осуществляется филь-

трационное питание морской водой. Это небольшой (площадь зеркала 0.05 км²) мелководный (средняя глубина 0.38 м) водоем удлиненно-овальной формы с малой (0.92 км²) площадью водосбора [4, 9]. Интенсивный прогрев воды начинается в апреле и в августе достигает максимума (29.5–36.0°C), зимой температура воды в озере может опускаться ниже 0°C. Наименьшие значения температуры воды (<7°C) отмечены в конце декабря—начале марта 2005–2006 гг. В отдельные периоды наблюдалась значительная пространственная неоднородность поля солёности. В 2005–2016 гг. максимальная минерализация воды в основной части озера достигала 120 г/л, в южной — 340 г/л (август 2009 г.), минимальная у моря — 35 г/л (февраль 2006 г.). Соотношение основных ионов в воде, как и в других гиперсолёных озерах морского происхождения, фактически не отличалось от такового в Черном море [4]. Уровень pH обычно слабощелочной (8.1–9.7), максимальные значения достигают pH 10, что обусловлено высокой интенсивностью фотосинтеза.

За период наблюдений в фитопланктоне озера зарегистрирован 61 вид [2]. Макрофиты представлены шестью видами, пять из которых относятся к зеленым нитчатым водорослям отд. Chloophyta, и один — к морским травам отд. Angiospermae [9]. Нитчатые зеленые водоросли часто

формируют мощные донные и плавучие маты, в которых в отдельные периоды важную роль играют пурпурные бактерии — аноксигенные фототрофы. Массово развиваются планктонные инфузории, среди них 24 вида аэробных инфузорий и ряд неидентифицированных анаэробных видов [8]. Наибольшее их видовое разнообразие и численность (до $15 \cdot 10^7$ экз./м³) отмечены в плавучих матах нитчатых зеленых водорослей *Cladophora* spp. в летне-осенний период. Экосистема озера может находиться в нескольких устойчивых состояниях, которые различаются видовой структурой биоты и характером функционирования [2].

Исследования биоты гиперсоленых водоемов Крыма проводили в 2007–2016 гг. Всего проанализировано 445 проб в 38 водоемах, включая оз. Херсонесское (416 проб планктона, 12 проб бентоса и 17 проб плавучих матов нитчатых зеленых водорослей). Водоемы существенно различались по солености, размеру и другим характеристикам [3, 15, 17]. Кроме того, в период с 16.02.2005 г. по 19.04.2006 г. в оз. Херсонесское собраны 74 количественные пробы планктона, 32 пробы бентоса и 15 проб плавучих матов нитчатых зеленых водорослей (всего 121 проба). Сборы проводили 2–3 раза в месяц на трех постоянных станциях. Результаты анализа бентосных проб опубликованы ранее [22] и здесь детально не рассматриваются.

Количественные пробы зоопланктона отбирали путем фильтрации 50–100 л воды через планктонную сеть с размером ячеек 110 мкм, дополнительно собирали качественные пробы. Пробы бентоса отбирали на участках с глубиной 0.2–0.6 м бентосными трубками площадью 0.018 м², высотой 10 см. Плавучие маты нитчатых водорослей собирали с площади 0.25 м², массу обсушенных водорослей определяли на электронных весах. Относительную численность животных в матах определяли делением числа подсчитанных особей на массу фрагмента мата. Пробы фиксировали 4%-ным формалином и обрабатывали с использованием стереомикроскопов Olympus SZ-ST и ЛОМО МБС-9. Соленость, температуру и pH воды определяли с помощью рефрактометра (Kellong WZ212) и pH-метра (РНН-830). Концентрацию ионов кальция и магния в 2005–2006 гг. в оз. Херсонесское определяли стандартными гидрохимическими методами [4].

Встречаемость вида (Y) рассчитывали по формуле:

$$Y = (K_c/K), \quad (1)$$

где K_c — количество проб в определенном интервале солености или месяце, в котором присутствовал вид, K — общее количество проб в этом интервале или месяце.

Для регрессионного анализа зависимости численности вида от факторов среды использованы только количественные пробы. Уравнения регрессий рассчитывали по методу наименьших квадратов. Значимость различий средних значений оценивали с помощью t -критерия Стьюдента, уровень достоверности коэффициентов корреляции определяли по таблице [29].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Озеро Херсонесское. В период исследований особи *E. mareotica* массово присутствовали в бентосе, планктоне и плавучих матах нитчатой зеленой водоросли *Cladophora*, другие виды остракод в водоеме не обнаружены. Рачки встречались хотя бы в одном из биотопов почти во все сроки наблюдений. Встречаемость вида не коррелировала с соленостью. Численность особей колебалась в широких пределах (0–>150 млн экз./м²) (рис. 2а и рис. 3). В 2005–2006 гг. максимальная концентрация рачков в планктоне озера превышала 650 тыс. экз./м³, в бентосе — 565 тыс. экз./м². Наиболее высокой она была в водорослевых матах (>9.9 млн экз./на 1 кг сырой массы, что эквивалентно 90–150 млн экз./м²).

Численность рачков в планктоне, бентосе и плавучих кладофоровых матах существенно изменялась в течение сезона (рис. 2). В разных биотопах динамика обилия вида различалась, достоверной корреляции не выявлено. При интенсивном развитии плавучих матов остракоды в бентосе чаще всего отсутствовали.

В 2008–2016 гг. в планктоне обнаружены некоторые межгодовые различия в сезонном ходе развития *E. mareotica*, касающиеся длительности периода планктонной фазы и сроков достижения максимальной численности (рис. 3). Пики численности отмечали в апреле–июне и августе, в среднем для ряда лет в апреле она достигала 9 тыс. экз./м², мае — 15, июне — 39 и августе — 6 тыс. экз./м² при стандартном отклонении (SD) в пределах 9–55 тыс. экз./м². Год от года популяция достигала максимальной численности в разные месяцы. В остальное время года остракоды отсутствовали или были малочисленны (<400 экз./м²).

В 2005–2006 гг. отмечена достоверная обратная зависимость между численностью *E. mareotica* в планктоне и соленостью в диапазоне 40–110 г/л ($r = -0.56$, $p = 0.005$), которую можно аппроксимировать уравнением:

$$\lg N = 5.343 - 0.0102S, \quad (2)$$

где $\lg N$ — десятичный логарифм численности, экз./м³, S — соленость, г/л.

При анализе данных 2007–2016 гг. подобной зависимости не выявлено, однако установлена прямая корреляция между численностью вида и

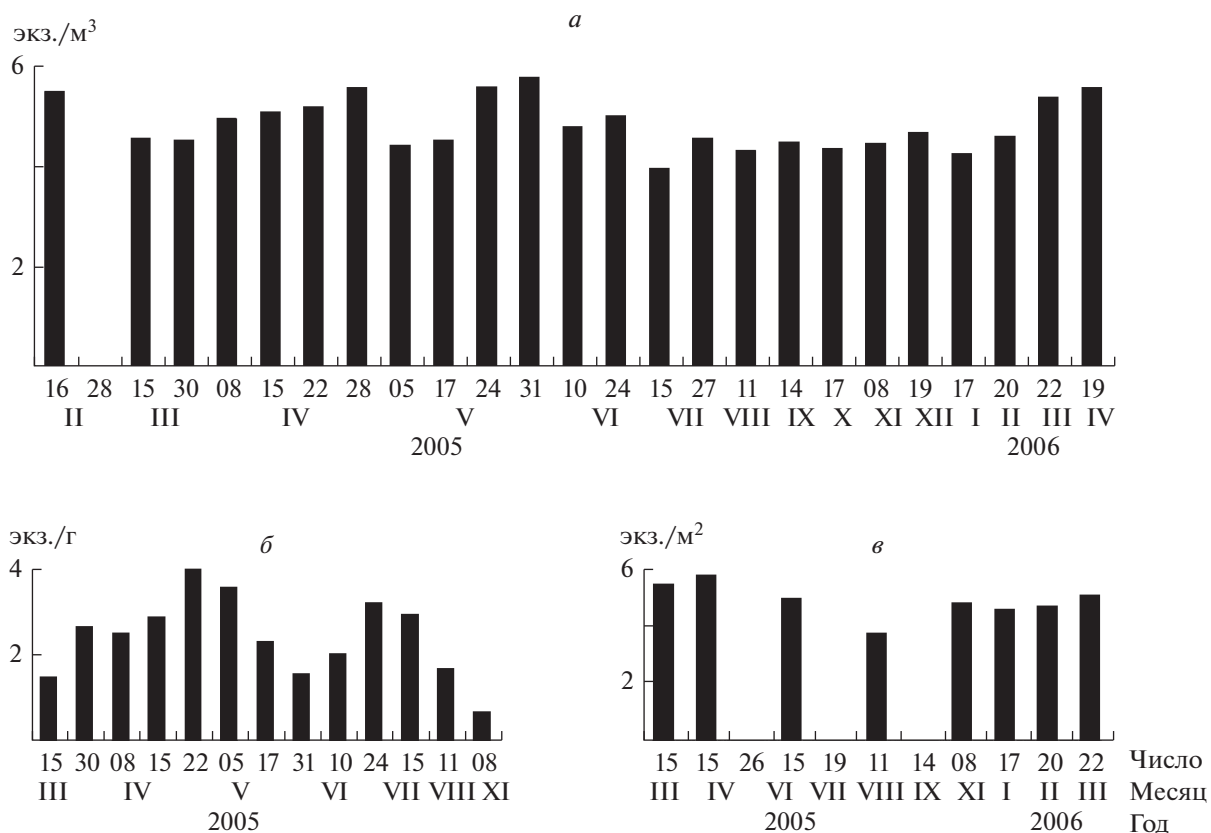


Рис. 2. Сезонные изменения численности *E. mareotica* в планктоне (а), плавучих кладофоровых матах (б) и бентосе (в) в оз. Херсонское (2005–2006 гг.). Шкала ординат логарифмирована.

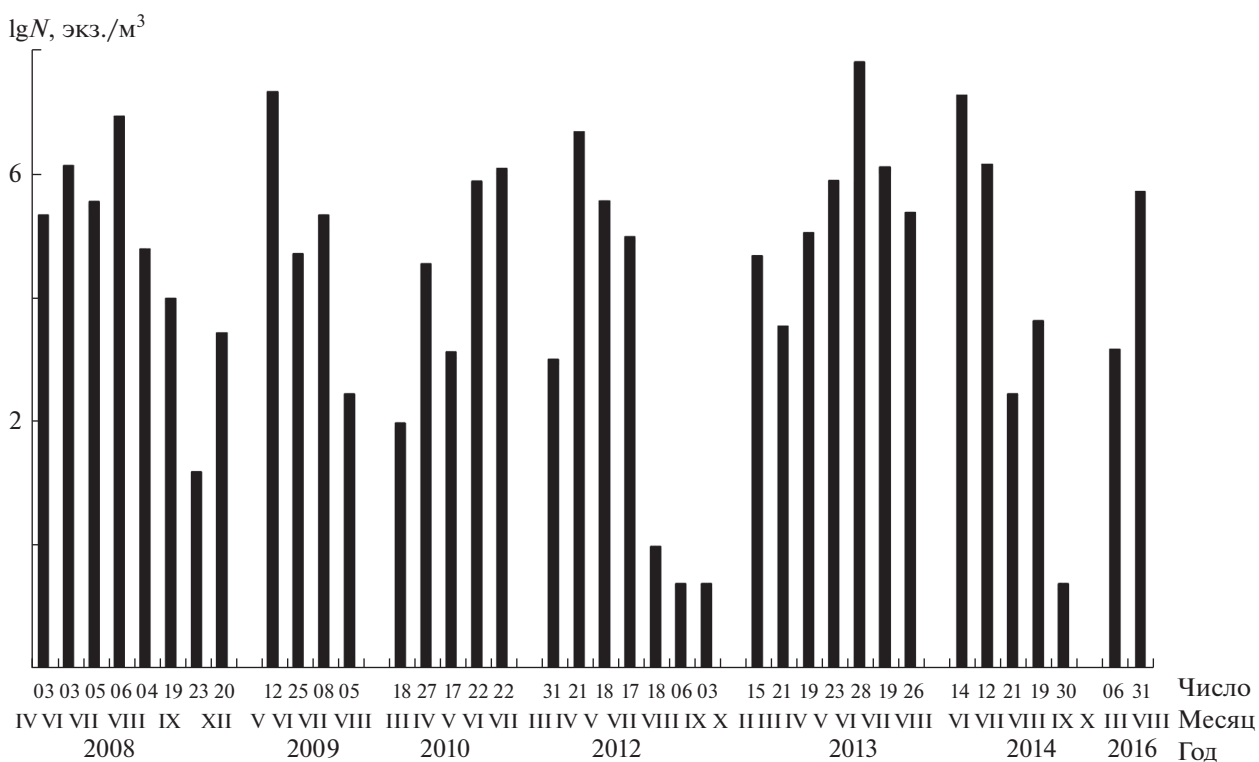


Рис. 3. Сезонные и межгодовые изменения численности *E. mareotica* в планктоне оз. Херсонское (2008–2016 гг.). Шкала ординат логарифмирована.

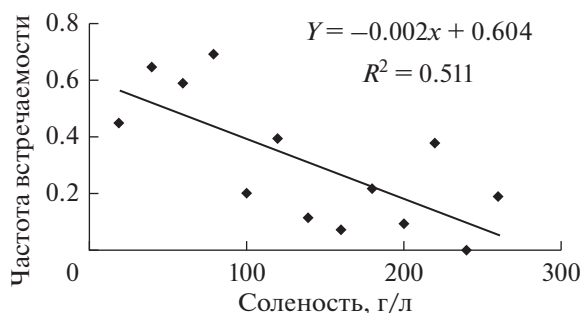


Рис. 4. Зависимость частоты встречаемости *E. mareotica* от солености в гиперсолёных водоемах Крыма (2007–2016 гг.).

температурой воды в диапазоне 7–28°C ($r = 0.49$, $p = 0.005$), формула (3). В 2005–2006 гг. достоверная зависимость численности от температуры отсутствовала.

$$\lg N = 0.059T + 2.142, \quad (3)$$

где T — температура воды, °C.

Показатель рН изменялся в пределах 8.1–9.7, его влияние на численность остракод не обнаружено. В 2005–2006 гг. численность *E. mareotica* в планктоне достоверно отрицательно коррелировала с содержанием в воде кальция ($r = -0.72$, $p = 0.03$) и магния ($r = -0.77$, $p = 0.01$). Выявлены значительные вариации концентраций кальция (0.08–1.53 г/л) и магния (1.7–4.7 г/л). Максимумы обилия остракод в планктоне и плавучих матах нитчатых водорослей приходились на минимальное содержание двухвалентных катионов в воде озера. Время от времени после пика развития *E. mareotica* в озере наблюдалась массовая гибель рачков, вследствие этого на берегу выше уреза воды из пустых раковин остракод образовывались наносы в виде валов до 10–20 м длиной, 7–10 см шириной и 5–7 см высотой.

В планктоне пространственное распределение обилия рачков в большинстве сроков наблюдения было неоднородным (зимой — близкое к однородному или случайному и летом — агрегированное). Коэффициент вариации обилия вида по акватории достигал 1.5–1.7. Агрегированность остракод летом вызвана распределением плавучих матов кладофоры.

Другие гиперсолёные водоемы Крыма. Анализ сборов показал, что *E. mareotica* — единственный вид остракод в Крыму, который встречается в гиперсолёных озерах морского и континентального происхождения. Рачки в массе присутствовали в бентосе, планктоне и плавучих матах кладофоры. *E. mareotica* ни разу не был найден в бывших пресноводных, но быстро засолённых (до 40–50 г/л) антропогенных водоемах Керченского п-ва. Максимальная соленость, при которой вид обнаружен в планктоне, достигала 300 г/л. Однако его

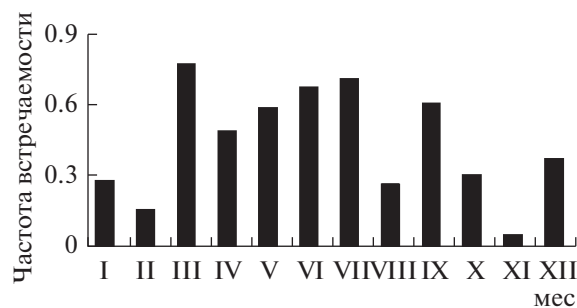


Рис. 5. Встречаемость *E. mareotica* в гиперсолёных водоемах Крыма (2007–2016 гг.) в разные месяцы.

встречаемость была очень низкой в континентальных сульфатных озерах и водоемах с постоянно высокой соленостью (>150 г/л). В ряде эпизодически пересыхающих озер остракоды присутствовали не каждый год.

Для всей совокупности исследованных в 2007–2016 гг. водоемов встречаемость *E. mareotica* (Y) неизменно зависела от солености (S) ($r = -0.72$, $p = 0.005$) (рис. 4):

$$Y = 0.604 - 0.002S. \quad (4)$$

Исходя из значения коэффициента детерминации ($R^2 = 0.52$), можно считать, что на 50% вероятность присутствия *E. mareotica* в водоемах определялась соленостью.

Встречаемость вида изменялась в течение года (рис. 5), чаще всего вид обнаруживали в марте, июне и июле, реже — в августе и октябре–феврале. Встречаемость была рассчитана по совокупности проб, взятых в течение месяца в разные годы.

Для анализа сезонной изменчивости в отдельных озерах данных было недостаточно, поэтому рассчитывали среднюю численность в планктоне для каждого месяца, используя весь массив данных. Максимальная численность *E. mareotica* в планктоне наблюдалась в апреле–августе (рис. 6), в среднем для всех лет она достигала 32 тыс. экз./м³ (SD = 60 тыс.) в июне и 10–11 тыс. экз./м³ (SD = 20 тыс.) в апреле или августе. В целом, сезонный ход численности вида в планктоне большинства озер был близок к отмеченному в оз. Херсонское в 2005–2006 гг.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Eucypris mareotica — обычный массовый вид гиперсолёных водоемов Крыма. Результаты исследования подтверждают его ранее отмеченную высокую галотолерантность и способность существовать в водоемах разного типа при солености ≤300 г/л. Часто находки этого вида в Азово-Черноморском регионе в миоцене при палеореконструкциях интерпретируют как показатель наличия пресных вод [7], что противоречит современ-

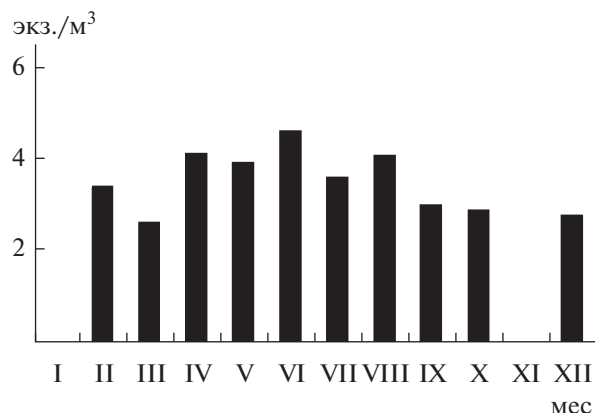


Рис. 6. Средняя концентрация *E. mareotica* в планктоне гиперсоленых водоемов Крыма (2007–2016 гг.) в разные месяцы (разброс значений приведен в тексте).

ным данным, по которым он фактически не встречается при солености <10 г/л.

Осмоадаптационные механизмы вида изучены в диапазоне от 1 до 100–110 г/л, в этих пределах рачки активно регулируют концентрацию солей в жидкостях тела и демонстрируют в олигогалинных условиях гиперосмотический тип регуляции, а в гипергалинных условиях — гипоосмотический [1, 13]. Н.В. Аладин с соавт. [13, 22] предполагает, что этот вид по своим осморегуляторным способностям приближается к жаброному рачку *Artemia salina*. Авторы этих статей считают, что при солености >150 г/л активная осморегуляция требует больших затрат энергии и вряд ли энергетически выгодна маленьким рачкам. К тому же, вид при солености >250 г/л присутствует лишь при вспышках развития зеленой водоросли *Dunaliella*, которая интенсивно продуцирует осмолит глицерол [14]. Поэтому можно предположить, что *E. mareotica* при высокой солености поглощает с пищей осмолиты, синтезированные водорослями (т.е. является в этом диапазоне солености скорее осмоконформером), что показано для копепод [14, 35]. Для проверки этой гипотезы необходимы дальнейшие исследования.

Вышеизложенные данные позволяют сделать вывод, что распространение вида и динамика его численности зависят от многих факторов, причем абиотические (температура, соленость и pH) — неосновные. Большую роль играют биотические факторы, например, уровень развития плавучих матов кладофоры, в которых наблюдалась максимальная численность остракод, или наличие микроводорослей — продуцентов осмолитов. Для распространения *Eucypris mareotica* не менее важно происхождение водоема (морское или континентальное).

В одни и те же сроки в экосистемах гиперсоленых озер Крыма маты нитчатых зеленых водорослей развиваются интенсивно, в других они фак-

тически отсутствуют [11], например в озерах Бакальское и Тобечикское [3, 34]. В соответствии с этим существенно различается и численность остракод. Образование матов нередко сопровождается формированием под ними на дне аноксии с присутствием сероводорода [9], при этом остракodes покидают придонный слой и переходят в плавучие маты и планктон.

Интерпретация зависимости между численностью остракод в планктоне и содержанием кальция и магния в воде затруднена определением, что есть функция, а что — аргумент. Представляется, что остракodes используют кальций и магний для формирования своих раковин в период массового развития и влияют на концентрацию этих элементов в воде. Это предположение подтверждается фактом формирования наносов из выброшенных на берег раковин остракод. Ранее подобное наблюдали в крымском гиперсоленом оз. Круглое, ныне засыпанном при строительстве дороги: “В марте 1926 г. трупы *Eucypris* были прибиты волнением к южному берегу и образовали как бы песчаный, или вернее, мелко-бисерный нанос в 20 м длины, от 1 до 5 м ширины и высотой до 9 см. Впоследствии границы озера передвинулись (в связи с усыханием), обнаружив подводный нанос, не менее мощный...” [5]. В литературе отсутствует информация о накоплении кальция в раковинах *E. mareotica*, поэтому для примерной оценки содержания этого элемента использовали данные о нем у близкого по размеру вида остракод *Herpetocypris brevicaudata* Kaufmann, 1990 [32] и о численности *Eucypris mareotica* в период минимума концентрации кальция в воде оз. Херсонесское. Суммарно в раковинах живых рачков могло содержаться до 1.1–1.2 г/л карбоната кальция. Дополнительно к этому какое-то количество карбоната кальция содержалось в мертвых остракодах и сброшенных ювенильных раковинах. В своем развитии остракodes проходят 8–9 линек, раковина начинает образовываться после пятой линьки, при последующих линьках ювенильные раковины сбрасываются.

Накопление кальция и магния в раковинах рачков ведет к уменьшению их концентрации в воде. Вероятно, этим вызвано уменьшение на 60–70% концентрации двухвалентных катионов в воде при массовом развитии остракод. Процессы биологической кальцификации ускоряются с ростом температуры, поскольку растворение раковин умерших остракод происходит быстрее при низких температурах, так как увеличивается растворимость карбоната кальция. Максимальные концентрации кальция и магния наблюдали зимой перед началом интенсивного роста численности остракод, когда, вероятно, большая часть карбоната кальция створок отмерших остракод растворялась и переходила в воду. Таким образом, два процесса — изъятие ионов из воды для формирования раковин растущих рачков и раство-

рение мертвых раковин — в основном, и определяют колебания содержания ионов кальция и магния в воде озера. Существует и обратная связь — уменьшение концентрации двухвалентных катионов и изменение их соотношения в воде тормозят процессы кальцификации и роста рачков [32], что отражается на их численности. По-видимому, эти взаимодействия играют важную роль в функционировании уникальных экосистем гиперсоленых водоемов и требуют более глубокого изучения.

Выводы. *E. mareotica* — высоко галотолерантный вид, встречается во всех биотопах гиперсоленых водоемов Крыма. Наиболее высокая его численность отмечена в плавучих матах нитчатых зеленых водорослей (>9.9 млн экз./на 1 кг сырой массы мата). Распространение и динамика численности вида зависят не только от абиотических факторов (температуры и солености), но и от биотических (уровень развития плавучих кладофоровых матов). Используя кальций и магний для формирования своих раковин, остракоды влияют на концентрацию этих элементов в воде. Этот процесс важен для функционирования уникальных экосистем гиперсоленых водоемов и требует более глубокого изучения, как и биология и функциональная роль вида *E. mareotica* в уникальных экосистемах.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают искреннюю благодарность Е.А. Галаговец за помощь в обработке проб, а также рецензенту за ценные советы по улучшению текста.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУН ИМБИ (№ АААА-А18-118021490093-4) и при частичной финансовой поддержке Otto Kinne Foundation для Е.В. Ануфриевой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аладин Н.В. Соленостные адаптации Ostracoda и Branchiopoda. СПб.: Зоол. ин-т РАН, 1996. 207 с.
2. Ануфриева Е.В., Шадрин Н.В. Разнообразие ракообразных в гиперсоленом озере Херсонесское (Крым) // Экосистемы, их оптимизация и охрана. 2012. Вып. 7. С. 55–61.
3. Балушкина Е.В., Голубков С.М., Голубков М.С. и др. Влияние абиотических и биотических факторов на структурно-функциональную организацию экосистем соленых озер Крыма // Журн. общ. биол. 2009. Т. 70. № 6. С. 504–514.
4. Губанов В.И., Бобко Н.И. Гидролого-гидрохимическая характеристика соляного озера на мысе Херсонес (Севастополь, Крым) // Мор. экол. журн. 2012. Т. 11. № 4. С. 18–26.
5. Дагаева В.Н. Наблюдения над жизнью соленого озера у бухты Круглой у Севастополя // Изв. АН СССР. Сер. VI. 1927. Т. 21. Вып. 7. С. 1319–1346.
6. 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.
7. Коваленко В. Характерні комплекси остракодів пізнього міоцену південної України // Палеонтологічний збірник. 2013. № 45. С. 54–65.
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. Празукин А.В., Бобкова А.Н., Евстигнеева И.К. и др. Структура и сезонная динамика фитокомпоненты биокосной системы морского гиперсоленого озера на мысе Херсонес (Крым) // Мор. экол. журн. 2008. Т. 7. № 1. С. 61–79.
10. Шадрин Н.В. Ракообразные в гиперсоленых водоемах: специфика существования и адаптации // Актуальные проблемы изучения ракообразных континентальных вод: Матер. лекций и докл. Междунар. шк.-конф. Кострома: Костромск. печатный двор, 2012. С. 316–318.
11. Шадрин Н.В. Альтернативные устойчивые состояния озерных экосистем и критические солености: есть ли жесткая связь? // Тр. Зоол. ин-та РАН. Прилож. № 3. 2013. С. 214–221.
12. Шадрин Н.В., Загородняя Ю.А., Батогова Е.А. Биоразнообразие гиперсоленых озер Крыма: проблемы изучения, сохранения и перспективы использования // Биоразнообразие и устойчивое развитие: Матер. Междунар. науч.-практ. конф. Симферополь: КНЦ НАН Украины и МОН Украины, 2010. С. 178–180.
13. Aladin N.V. Salinity tolerance, morphology and physiology of the osmoregulation organs in Ostracoda with special reference to Ostracoda from the Aral Sea // Ostracoda in the earth and life sciences. Rotterdam: A.A. Balkema, 1993. P. 387–403.
14. Anufrieva E.V. Do copepods inhabit hypersaline waters worldwide? A short review and discussion // Chin. J. Ocean. Limnol. 2015. V. 33. № 6. P. 1354–1361.
15. Anufrieva E., Hołyńska M., Shadrin N. Current invasions of Asian Cyclopoid species (Copepoda: Cyclopidae) in Crimea, with taxonomical and zoogeographical remarks on the hypersaline and freshwater fauna // Ann. Zool. 2014. V. 64. P. 109–130.
16. Baltanás A., Montes C., Martino P. Distribution patterns of ostracods in Iberian saline lakes. Influence of ecological factors // Hydrobiologia. 1990. V. 197. P. 207–220.
17. Belmonte G., Moscatello S., Batogova E.A. et al. Fauna of hypersaline lakes of the Crimea (Ukraine) // Thalassia Salentina. 2012. V. 34. P. 11–24.
18. Berdan J. Leperditicopid ostracodes from Ordovician rocks of Kentucky and nearby states and characteristic features of the Order Leperditicopida // US Geol. Surv. Prof. Pap. 1984. V. 1066-J. P. J1–J40.
19. Brandão S.N., Angel M.V., Karanovic I. et al. World Ostracoda Database. 2016. Accessed at <http://www.marinespecies.org/ostracoda> on 2016-10-02.

20. Brusca R.C., Brusca G.J. Invertebrates, 2nd Edition. Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates, 2003. 936 p.
21. De Deckker P. Ostracods of athalassic saline lakes // Hydrobiologia. 1981. V. 81. № 1. P. 131–144.
22. Keyser D., Aladin N., Plotnikov I. Ostracods and their adjustment to saline environments // Mitt. Hamburg. Zool. Mus. Inst. 2004. V. 101. P. 157–167.
23. 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: First Intern. Conf. Chennai, Univ. of Madras, India, 2008. P. 155–158.
24. Li X., Liu W. Oxygen isotope fractionation in the ostracod *Eucypris mareotica*: results from a culture experiment and implications for paleoclimate reconstruction // J. Paleolimnol. 2010. V. 43. № 1. P. 111–120.
25. Li Y.F., Li B.Y., Wang G. et al. Ostracoda and its environmental significance at the ancient Tianshui hai lake of the west Kunlun // J. Lake Sci. 1997. V. 9. № 3. P. 223–230.
26. Martens K., Davies B.R., Baxter A.J., Meadows M.E. A contribution to the taxonomy and ecology of the Ostracoda (Crustacea) from Verlorenvlei (Western Cape, South Africa) // S. Afr. J. Zool. 1996. V. 31. № 1. P. 23–36.
27. Meriç E., Avsar N., Nazik A. et al. The response of benthic foraminifer, ostracod and mollusc assemblages to environmental conditions: a case study from the Camalti Saltpan (Izmir-Western Turkey) // Medit. Mar. Sci. 2010. V. 11. № 1. P. 5–32.
28. Mischke S., Zhang C., Börner A. Bias of ostracod stable isotope data caused by drying of sieve residues from water // J. Paleolimnol. 2008. V. 40. № 1. P. 567–575.
29. Müller P.H., Neuman P., Storm R. Tafeln der mathematischen statistik (Hardcover-Ausgabe). Leipzig: VEB Fachbuchverlag, 1979. 272 p.
30. Rasouli H., Scharf B., Meisch C., Aygen C. An updated checklist of the Recent non-marine Ostracoda (Crustacea) of Iran, with a redescription of *Eucypris mareotica* (Fischer, 1855) // Zootaxa. 2016. V. 4154. № 3. P. 273–292.
31. Razzaq S.A.A. The Ostracoda community in hypersaline channels in Al-Khiran, Arabian Gulf // J. Micropalaeontol. 1991. V. 10. № 1. P. 17–21.
32. Roca J.R., Wansard G. Temperature influence on development and calcification of *Herpetocypris brevicaudata* Kaufmann, 1900 (Crustacea: Ostracoda) under experimental conditions // Hydrobiologia. 1997. V. 347. № 1–3. P. 91–95.
33. Semenova L.M. The species composition and distribution of ostracods (Crustacea, Ostracoda) in rockpools of the Kandalaksha Bay in the White Sea // Inland Water Biol. 2014. V. 7. № 1. P. 10–14. doi 10.1134/S199508291401012X
34. Shadrin N.V., Anufrieva E.V. Climate change impact on the marine lakes and their Crustaceans: The case of marine hypersaline Lake Bakalskoye (Ukraine) // Turk. J. Fish. Aquat. Sci. 2013. V. 13. Iss. 4. P. 603–611.
35. Shadrin N.V., Anufrieva E.V. Dependence of *Arctodiaptomus salinus* (Calanoida, Copepoda) halotolerance on exoosmolytes: new data and a hypothesis // J. Mediterranean Ecol. 2013. V. 12. P. 21–26.
36. Shadrin N.V., Anufrieva E.V., Amat F., Eremin O.Yu. Dormant stages of crustaceans as a mechanism of their existence in an extreme unpredictable environment of the Crimean hypersaline lakes // Chin. J. Ocean. Limnol. 2015. V. 33. № 6. P. 1362–1367.
37. Stout J.D. The terrestrial plankton // Tuatara. 1963. V. 11. № 2. P. 57–65.
38. Williams M., Siveter D.J. Lithofacies-influenced ostracod associations in the middle Ordovician Bromide Formation, Oklahoma, USA // J. Micropalaeontol. 1996. V. 15. P. 69–81.
39. Williams W.D. Chinese and Mongolian saline lakes: a limnological overview // Hydrobiologia. 1991. V. 210. P. 39–66.
40. Zhang L., Sun Z.C., An Z.S. et al. A preliminary distribution characteristic analysis on different water bodies ostracoda from lake Qinghai area, NW China // Acta Micropalaeontologica Sinica. 2006. V. 23. P. 425–436.

Distribution and Population Dynamics of the Highly Halotolerant Species *Eucypris mareotica* (Fischer, 1855) (Crustacea, Ostracoda) in Hypersaline Lakes of Crimea

E. V. Anufrieva^{a,*}, E. A. Kolesnikova^a, and N. V. Shadrin^a

^aKovalevsky Institute of Marine Biological Research, Russian Academy of Sciences,
Nakhimov ave., 2, Sevastopol, 299011 Russia

*e-mail: lena_anufrieva@mail.ru

The distribution and population dynamics of Ostracoda and their response to environmental factors have been analyzed in Crimean hypersaline lakes based on data from a long-term monitoring study (2005–2016). Only one representative of the class – *Eucypris mareotica* was found in the water bodies. Maximum salinity at which the species was recorded in the Crimean lakes was 300 g/L. The frequency of occurrence of this species negatively correlated with salinity. Crustaceans reach high abundance in plankton (650 000 ind./m³), benthos (565 000 ind./m²) and floating mats of filamentous green algae *Cladophora* spp. (990 000 ind./kg wet weight of the mat). Using calcium and magnesium for forming their shells, ostracods may reduce the concentration of these elements in the water. The possibility of using the shells of ostracods for paleoclimatic and palaeolimnological reconstructions was discussed.

Keywords: Ostracoda, population dynamics, calcium cycle, magnesium cycle, hypersaline lakes, Crimea