



Е. В. Ануфриева, асп., **Н. В. Шадрин**, канд. биол. наук, ст. н. с.

Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского, Севастополь

***ARCTODIAPTOMUS SALINUS* (DADAY, 1885) (CALANOIDA, COPEPODA)
В СОЛЁНЫХ ВОДОЁМАХ КРЫМА**

Arctodiaptomus salinus обитает в водоёмах Крыма при солёности от 5 до 210 ‰. Увеличение солёности негативно влияет на численность вида, а температуры – на размер рачков. Наши эксперименты показали, что рачки способны выживать до солёности 90 – 100 ‰, ранее эксперименты других авторов показывали, что верхний предел для вида 70 ‰. *A. salinus* – осмоконформер; следовательно, осморегуляция у него может идти только на клеточном уровне. Можно предположить, что в природе при солёностях выше 100 ‰ рачки потребляют экзоосмолиты с пищей. Нахождение *A. salinus* при высоких солёностях совпадало с вспышками цветения *Dunaliella salina*, в которой при высоких солёностях осмолиты могут составлять до 80 % сухой массы клеток. Вероятно, *A. salinus*, потребляя дуналиеллу, получает достаточно осмолитов, чтобы не тратить свои энергетические ресурсы на их синтез при высоких солёностях.

Ключевые слова: Copepoda, *Arctodiaptomus salinus*, гиперсолёные озёра, осмолиты, Крым

В экстремальных гиперсолёных местообитаниях могут существовать немногие ракообразные [13], в их число входят отдельные виды копепод [16]. Одним из наиболее широко распространённых среди них является *Arctodiaptomus salinus* (Daday, 1885) (Calanoidea), палеарктический вид с обширным ареалом [14, 15, 25, 26]. На территории Украины вид известен в приморских водоёмах северного побережья Чёрного и Азовского морей, в Крыму и на территории Донецкой области (Славянские озёра) [30]. *A. salinus* имеет покоящиеся яйца, что позволяет виду существовать в пересыхающих водоёмах и легко переноситься на большие расстояния птицами или ветром.

Вид представляет несомненный интерес для аквакультуры. При его массовом развитии в водоёмах, где он нередко является доминантным или единственным видом планктонных ракообразных, его заготавливают, морозят и используют как корм при культивировании рыб [30]. Вид, несомненно, перспективен как объект культивирования в качестве живого корма для молоди рыб [9]. *A. salinus* способен накапливать астаксантин в больших количествах, что делает его ярко-красным [18]; вероятно, он трансформирует β-каротины потребляемых мик-

роводорослей в астаксантин. Высокое содержание астаксантина повышает ценность вида как живого корма для личинок рыб. Данные по распространению и экологии *A. salinus* представляют определённый интерес и в связи с тем, что он является первым промежуточным хозяином отдельных видов паразитов рыб и птиц, в частности, цестод [31]. Несмотря на все вышеперечисленное, об экологии и факторах, определяющих наличие и численность вида в водоёмах Крыма, известно мало.

В Крыму более 50 гиперсолёных озёр морского и континентального происхождения [6, 12]. В озёрах морского происхождения соотношение ионов то же, что и в морской воде, а континентальные являются сульфатными. Все озёра – мелководные, полимиксные, различаются по размерам, диапазонам колебаний абиотических факторов и населяющей их биоте. Цель работы – суммировать результаты многолетних исследований *A. salinus* в солёных озёрах Крыма, оценить диапазоны солёности, температуры, pH в местах его обитания, сравнить полевые данные с имеющимися в литературе.

Материал и методы. Материалом для данной работы послужили результаты собственных исследований *A. salinus* в гиперсолёных озёрах

Крыма (2004-2012). Использованные методы описаны в [1, 2]. В озёрах отбирали количественные пробы зоопланктона, фильтруя 50-100 л воды через сеть Апштейна, оснащённую капроновым ситом с размером ячеек 110 мкм. Пробы фиксировали 4 % формалином. Всего взято и проанализировано более 200 проб из 32 солёных водоёмов Крыма. Параллельно с взятием проб определяли солёность, температуру, pH. Численность животных определяли методом прямого счёта с последующим пересчётом на объём профильтрованной воды. Из 6 проб были сделаны выборки по 30 самцов и самок (диапазон солёности –15 – 74 ‰, диапазон температур – 13 – 32°C), общую длину (с фуркальными нитями) которых под микроскопом измерили с использованием окуляр-микрометра. Был также поставлен эксперимент по выживаемости рачков в условиях роста солёности. Рачки были отловлены 12 апреля 2013 г. в оз. Янышское и вместе с водой из озера доставлены в Севастополь. До 5 мая рачки адаптировались к лабораторным условиям, 5 мая опыт был начат. Он ставился в двух вариантах, каждый в трёх повторностях. В 200 мл сосуды помещалось по 5 взрослых особей. 1 вариант – «родная» вода из оз. Янышское, начальная солёность 21 ‰; 2 вариант – готовился

раствор из смеси воды из оз. Кояшское (290 ‰), дистиллированной воды и воды из оз. Янышское, начальная солёность 24 ‰. Предполагалось, что поскольку в воде оз. Кояшское было много цист дуналиеллы, там разовьётся её культура. Кормили рачков добавлением смеси культур микроводорослей, в том числе и дуналиеллы, добавляя по 2 мл культур микроводорослей раз в 1-2 дня. Увеличение солёности происходило за счёт естественного испарения воды из незакрытых сосудов. В сосуды подавался воздух. Ежедневно, за исключением выходных, отмечали наличие рачков и характер их поведения, а также измеряли температуру и ручным рефрактометром солёность. Температура в опыте колебалась от 21 до 24.5 °C.

При обработке данных использовали стандартные статистические методы в программе Excel. Уровни значимости (p) коэффициентов корреляции (r) определяли по таблицам [8].

Результаты и обсуждение. *A. salinus* найден в 54 пробах из 17 водоёмов (табл. 1). Наиболее обычен он в водоёмах Керченского пролива, в других частях Крыма встречается реже.

Табл. 1 Распространение *A. salinus* в водоёмах Крыма (2004-2013)
Table 1 *A. salinus* distribution in the Crimean water bodies (2004-2013)

Водоём / тип биотопа	Координаты	Периоды встречаемости	Условия, при которых был встречен вид	
			S, ‰	T, °C
Янышское (Голь) / морской	45°07'N-36°24'E	Май, июнь, август	16-74	13-24.5
Ахташское / морской	45°22'N-35°49'E	Май, август	14-60	32
Тобечикское / морской	45°10'N-36°21'E	Март, апрель, май, август	24-210	4-26
Джарылгач / морской	45°34'N-32°52'E	Май	105	24
Ярылгач / морской	45°33'N-32°51'E	Август	65	23
Аджиголь / морской	45°05'N-35°25'E	Апрель, май, август	44-210	21-30
Марфовское / континентальный	45°12'N-36°06'E	Май	160	18
Сиваш, лагуна / морской	46°00'N-34°50'E	Май	37.5	20
Кучук-Аджиголь / морской	45°06'N-35°27'E	Май, август	30-60	21-24
Пруд 1 у с. Заветное / континентальный	45°07'N-36°23'E	Май, август	5-22	14-24.5
Пруд 2 у с. Заветное / континентальный	45°07'N-36°22'E	Май	10	11
Кояшское / морской	45°04'N-36°13'E	Май, август	90	26
Ачи / континентальный	45°09'N-35°23'E	Август	38	28
Шимаханское / континентальный	45°10'N-36°25'E	Август	22.5	19.3
Водохранилище у с. Пташкино / континентальный	45°09'N-36°10'E	Август	24	25
Такильское / морской	45°07'N-36°26'E	Май	25-30	11-25
Киркояшское / континентальный	45°04'N-36°13'E	Апрель	17.5	19.5

A. salinus встречался в пробах ежемесячно (пробы в январе и феврале не отирались), как в талассогалинных, так и агалассогалинных – сульфатных озёрах. Максимальная солёность, при которой он найден, – 210 ‰ (озера Тобечик и Аджиголь), минимальная – 5 ‰ (пруд возле с. Заветное). Наиболее часто вид встречался при солёности от 5 до 80 ‰ (рис.1), неоднократно отмечен и при 100-210 ‰. Минимальная солёность, при которой вид развивается, – около 0.6 ‰ [22], при 2 ‰ он может становиться доминантом [23]. Нахождение и размножение *A. salinus* при солёности выше 100 и до 250 ‰ отмечено в озёрах Сибири (Россия) [2, 7], Казахстана [5], Испании [16].

Максимальная численность взрослых рачков выявлена при 14 – 25 ‰ (до 340000 экз·м⁻³); при солёности более 100 ‰ она не превышала 550 экз·м⁻³ (рис. 1).

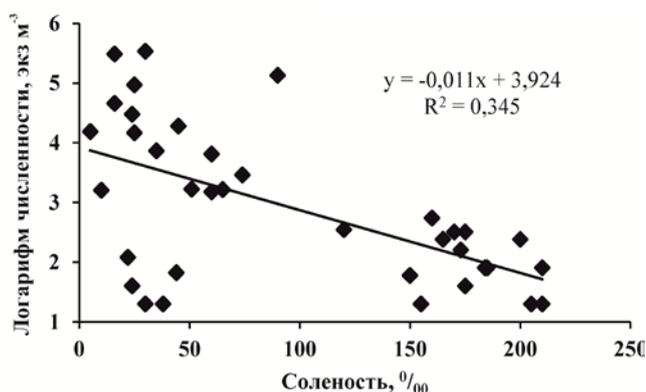


Рис. 1 Зависимость численности взрослых особей *A. salinus* (экз/м³) от солёности
Fig. 1 Relationship between adult *A. salinus* density (ind/m³) and salinity

Корреляционный анализ показал наличие достоверной линейной связи между численностью вида и солёностью (в диапазоне 12 – 210 ‰) при уровне значимости 0.005. Зависимость может быть аппроксимирована уравнением:

$$y = -0.011x + 3.924, \quad (1)$$

где y – \lg численности вида, экз·м⁻³, x – солёность, ‰.

Известно, что данный вид присутствует в солёных водоёмах Керченского п-ова практически в течение всего года при солёности от 1.3

до 50 ‰ [10]. Исключение составляли наиболее солёные водоёмы, где солёность в конце июля – августе превышала 50 ‰, и вид в планктоне исчезал. Максимальная плотность популяции, в основном за счёт вылупившихся из покоящихся яиц науплиев, наблюдалась в разных водоёмах в разные месяцы (март – апрель) и могла превышать 1.2 млн. экз·м⁻³ [10]. При этом в марте был пик в наименее солёном водоёме, а в мае – в наиболее солёном.

Диапазон температур, при которых отмечены активные стадии, составлял 4 – 32°C; учитывая данные [10], общий температурный диапазон вида в Крыму – 0.5 – 32°C. При культивировании в лабораторных условиях максимальная температура, при которой рачки выживали, составляла 35 °C [9]. В диапазоне от 4 до 32 °C температура не оказывает существенного влияния на численность данного вида (рис. 2).

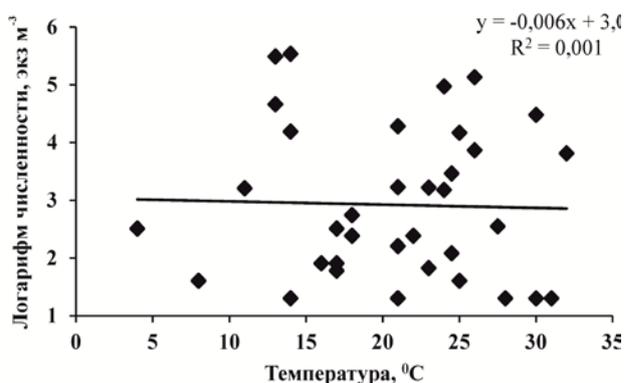


Рис. 2 Зависимость численности взрослых особей *A. salinus* (экз/м³) от температуры
Fig. 2 Relationship between *A. salinus* density (ind/m³) and temperature

Максимальная численность вида отмечена при температуре 13 – 15°C. Коэффициент корреляции между температурой и численностью вида достоверно от нуля не отличался, из чего можно допустить, что в диапазоне от 4 до 32°C температура не является фактором, существенно лимитирующим численность вида.

pH в местообитаниях колебался от 6.68 до 9.22; его существенного влияния на численность рачков не выявлено. Анализируя всю совокупность обработанных проб, приходим к

выводу, что солёность – не единственный фактор, влияющий на присутствие / отсутствие и численность вида в водоёме.

Средняя длина взрослых рачков в выборках колебалась у самок от 1.4 до 2.2, у самцов – от 1.2 до 2.0 мм. Выявлена достоверная корреляционная связь средних размеров рачков с температурой у самок и самцов; эта зависимость на рис. 3 для примера показана у самок. Зависимость в диапазоне температур 13 – 32 °С у самок может быть аппроксимирована уравнением ($r = 0.987$, $p = 0.005$):

$$L_{\text{♀}} = 2.73 - 0.045 t, \quad (2)$$

где $L_{\text{♀}}$ - средняя длина самки в выборке, мм; t - температура, °С.

У самцов зависимость имеет вид ($r = 0.999$, $p = 0.0005$):

$$L_{\text{♂}} = 2.49 - 0.042 t. \quad (3)$$

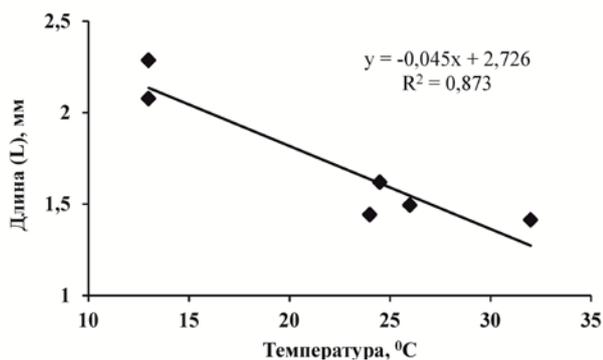


Рис. 3 Размеры самок *A. salinus* в водоёмах Крыма при различных температурах
Fig. 3 Length of females of *A. salinus* in the Crimean water bodies under different temperature

Температура определяет, как это следует из коэффициентов детерминации (r^2), более 90 % изменчивости длины тела рачков. Связь солёности и размера тела в целом нелинейная и статистически не значима. Влияния pH на размеры тела не выявляется.

Во втором варианте опыта солёность увеличивалась несколько быстрее, чем в первом варианте, и 14.05 при солёности 51 ‰ один рачок погиб, а большинство других при 51 – 55 ‰ стали малоподвижными. К 17.05 при 66 ‰ погибших рачков было 10 (5 живых, но малоподвижных), а к 20.05 при 80 ‰ живых рачков не осталось. В сосудах не было цвете-

ния водорослей, но на стенках появились белые пятна слизи, а в воде – нити, вероятно, грибы. В сосудах первого варианта ситуация была иной. 7.05 при солёности 24 ‰ в 2-х сосудах появились науплии (2 и 4 экз.), их появление наблюдалось и позднее – до солёности 40 ‰. Смертность рачков, включая вновь появившихся, не наблюдалась до 22.05, до солёностей 65 – 75 ‰. 23.05 при 82 – 85 ‰ отмечена гибель 8 рачков из 25, оставшиеся рачки были подвижными. 24.05 при солёности 95 – 100 ‰ половина рачков была ещё жива, но 27.05 (25-26.05 опыт не проверяли) при 190 – 200 ‰ живых рачков не было. Отметим, что 19 – 20.05 при солёности 45 – 50 ‰ в сосудах этого варианта началось интенсивное цветение водорослей. Интерпретировать различия в результатах двух вариантов опыта однозначно трудно; возможно, причина кроется в химизме воды. Можно лишь отметить, что рачки переносили более высокие солёности в условиях цветения микроводорослей, чем в экспериментах без цветения. При определении солёностной толерантности *A. salinus*, взятой из лабораторной культуры, исходно выведенной из крымских озёр; взрослые особи в тех экспериментах выживали при солёности от 1 до 70 ‰ [32]. Экспериментами других исследователей оптимальный диапазон солёности для вида определён в 15-30 ‰ [29]. Однако, многочисленные наблюдения на водоёмах Крыма, Казахстана, Западной Сибири показывают, что массовое развитие и даже размножение арктодиаптомуса могут происходить при солёности значительно выше 100 ‰, и как минимум, до 200 ‰. Наиболее правдоподобное объяснение выявленных различий в результатах экспериментов и полевых наблюдений, на взгляд авторов, состоит в следующем. *A. salinus* является видом осмоконформером [32], как и большинство видов Calanoida и Naupacticoida, а возможно, и всех Copepoda [16]. У осмоконформеров нет механизма регуляции концентрации солей в теле на организменном уровне, регуляция происходит на клеточном уровне за счёт увеличения в клетке концентрации неболь-

ших органических молекул – совместимых осмолитов, которые либо синтезируются в организме, либо транспортируются в него из внешней среды [3]. Большинство организмов с прокариотной организацией клетки, водоросли и протисты решают проблему существования в гиперсолёной среде путём синтеза различных осмолитов [3, 34]. Тем же способом решают проблему животные-осмокотформеры, до позвоночных включительно [20, 28, 34]. Усиление синтеза и повышение концентрации свободных аминокислот аланина, пролина и глицина при акклимации к высоким солёностям показано для Harpacticoida и Calanoida [21, 24, 33]. По крайней мере, некоторые членистоногие могут использовать одновременно разные типы осмолитов, например, пролин и трегалозу, при необходимости аккумулируя в теле экзогенный осмолит – сорбитол [28]. Так, полипы кораллов используют осмолиты, синтезированные симбиотическими водорослями [35], что также подтверждает возможность использования экзосмолитов животными.

При высоких концентрациях соли в среде бактерии, водоросли и животные-конформеры вынуждены тратить большую часть ассимилированной энергии на синтез осмолитов, что в значительной степени определяет тот верхний предел солёности, при котором может существовать вид [27]. Например, наиболее галотолерантная одноклеточная зелёная водоросль *Dunaliella* в ответ на солёностный стресс синтезирует глицерол, содержание которого в клетке пропорционально солёности среды и может достигать 80 % сухой массы клеток [17, 19]. Гарпактицида *Tigriopus californicus* (Baker, 1912) при переносе из воды с солёностью 17 ‰ в морскую воду (35 ‰) увеличивает синтез свободных аминокислот, расходуя на это до 23 % общих энергетических затрат [21]. Если допустить, что расходы на синтез осмолитов с ростом солёности у *A. salinus* растут подобным образом, то очевидно, что вид вряд ли сможет удовлетворять свои энергетические потребности при солёностях выше 60 – 70 ‰. Как же

объяснить массовые находки вида при значительно более высоких солёностях?

Все находки вида в Крыму при очень высоких солёностях происходили при интенсивных вспышках развития зелёной одноклеточной водоросли *Dunaliella salina* (Teodoresco, 1905). Выше отмечалось, что при очень высоких солёностях осмолиты могут составлять до 80 % сухой массы клеток микроводоросли. В растворённом в воде органическом веществе (РОВ) при таких условиях также отмечаются высокие концентрации различных растворённых осмолитов [4]. Поэтому логично допустить, что в таких условиях, питаясь дуналиеллой, а возможно, ещё и черпая осмолиты из РОВ, арктодиаптомус может не тратить свои энергетические ресурсы на поддержание необходимого уровня осмолитов в своих клетках. Эксперименты, например [32], проводились при кормлении арктодиаптомусов микроводорослями, которые не содержали высокие концентрации осмолитов, т. к. водоросли культивировали при низких солёностях. Этим, скорее всего, и объясняются результаты, которые дают максимальную галотолерантность арктодиаптомуса в 50 – 70 ‰. Все случаи находок арктодиаптомуса в градиенте солёности группируются в два кластера (рис. 1). В первом кластере (диапазон солёности 5 – 70 ‰) максимальная галотолерантность вида определяется метаболическими возможностями арктодиаптомуса, а во втором (110 – 210 ‰) – продуцированием осмолитов микроводорослями (дуналиеллой). Разрыв между кластерами объясняется тем, что арктодиаптомус при солёности выше 50 – 70 ‰ уже не может себя обеспечить необходимой для синтеза энергией, а дуналиелла ещё не дала вспышки и концентрация осмолитов в ней ещё не достаточно высока. В результате вид выпадает из планктона. Высокая галотолерантность других видов копепод, вероятно, также может быть объяснена подобными причинами. Все наши находки массового развития гарпактициды *Cletocamptus retrogressus* (Schmankewich, 1875) при 290 ‰ происходили в условиях

массового развития (цветения) дуналиеллы [1].

Заключение. Основным абиотическим фактором, влияющим на присутствие и численность *A. salinus* в водоемах, является солёность. Присутствие в планктоне вида при высоких солёностях отмечено только в периоды вспышек «цветения» дуналиеллы. Диапазон галотолерантности арктодиаптомуса, а, вероятно, и других осмоконформеров, не определяется чисто физиологической природой вида. Галотолерантность отдельного вида оказывается в определённой степени функцией сообщества как целого. Важно подчеркнуть, что осмолиты служат неким "обобществлённым" осморегулятором сообщества. Многие организмы охотно транспортируют осмолиты из внешней среды

внутри клеток, приобретая таким способом устойчивость к осмотическому стрессу, что в первую очередь характерно для одноклеточных организмов [4, 11]. Выдвигается гипотеза, что метаболизм сообщества, как целого, в значительной степени определяет верхние лимиты галотолерантности животных-конформеров.

Благодарности. На протяжении всех лет исследования авторы получали помощь и поддержку многих коллег и друзей, всем им выражаем благодарность. Мы особенно признательны О. Ю. Еремину, Е. А. Галаговец, А. В. Копейка, а также анонимным рецензентам, замечания которых способствовали улучшению статьи. В 2004-2007 гг. исследования были поддержаны грантом ИНТАС № 03-51-6541.

1. Ануфриева Е.В., Шадрин Н.В. Разнообразие ракообразных в гиперсолёном озере Херсонесское (Крым) // Экосистемы, их оптимизация и охрана. - 2012. - 7. - С. 55–61.
2. Веснина Л.В. Структура и функционирование зоопланктонных сообществ озёрных экосистем юга Западной Сибири: Дисс. ... докт. биол. наук. Барнаул, 2003. - 309 с.
3. Деткова Е.Н., Болтянская Ю.В. Осмоадаптация галоалкофильных бактерий: роль осморегуляторов и возможности их практического применения // Микробиология. - 2007. - 76, № 5. - С. 581-593.
4. Заварзин Г.А. Лекции по природоведческой микробиологии / М.: Наука, 2003. - 348 с.
5. Крупа Е.Г. Структура зоопланктона экологически разнотипных водоёмов и водотоков Казахстана: Автореф. дисс. ... докт. биол. наук. Алматы, 2010. - 39 с.
6. Курнаков Н.С., Кузнецов В.Г., Дзенс-Литовский А.И., Равич М.И.. Соляные озёра Крыма / М. - Л.: АН СССР, 1936. - 278 с.
7. Литвиненко Л.И., Литвиненко А.И., Бойко Е.Г. Артемия в озёрах Западной Сибири / Новосибирск: Наука, 2009. - 304 с.
8. Мюллер П., Нойман П., Шторм Р. Таблицы по математической статистике. М.: Финансы и статистика, 1982. - 272 с.
9. Новоселова Н. В., Туркулова В. Н. К методике массового культивирования живых кормов в условиях низкой температуры для молоди ценных морских видов рыб / Основные результаты комплексных исследований в Азово-Черноморском бассейне и Мировом океане: Тр. ЮгНИРО. - 2008. - 46. - С. 41 – 47.
10. Семик А.М. К биологии веслоногого рачка – *Diaptomus salinus* (E. Daday) - кормового объекта для кефалей / Культивирование кефалей в Азово-Черноморском бассейне. - Москва: ВНИРО, 1991. - С.116-125.
11. Хахинов В.В., Намсараев Б.Б., Абидуева Е.Ю., Данилов Э.В. Гидрохимия экстремальных водных систем с основами гидробиологии / Улан-Удэ: Изд-во Бурятск. Госунив-та, 2007. - 148 с.
12. Шадрин Н.В. Гиперсолёные озера Крыма: общие особенности / Ю.Н. Токарев, З.З. Финенко, Н.В. Шадрин (ред.). Микроводоросли Чёрного моря: проблемы сохранения биоразнообразия и биотехнологического использования. - Севастополь, ЭКОСИ-Гидрофизика, 2008. - С. 85-93.
13. Шадрин Н.В. Ракообразные в гиперсолёных водоемах: специфика существования и адаптации //Актуальные проблемы изучения ракообразных континентальных вод: Сборн. лекций и докл. Междунар. школы-конф. (Борок, 5 – 9 ноября 2012 г.). - Кострома: Костромской печатный дом, 2012. – С. 316-319.
14. Alonso M. Anostraca, Cladocera and Copepoda of Spanish saline lakes // Hydrobiologia. - 1990. - 197. - P. 221-231.
15. Alonso M. Branchiopoda and Copepoda (Crustacea) in Mongolian Saline Lakes // Mongol. J. Biol. Sci. – 2010. - 8. - P. 9-16.
16. Bayly I.A.E., Boxshall G.A. An all-conquering ecological journey: from the sea, calanoid copepods mastered brackish, fresh, and athalassic saline waters // Hydrobiologia. - 2009. - 630. - P. 39–47.
17. Ben-Amotz A., Sussman I., Avron M. Glycerol production by *Dunaliella* // Experientia. - 1982. - 38. - P. 49 – 52.
18. Bodea C., Nicoara E., Illyes G. The carotenoids of *Arctodiaptomus salinus* (Daday) // Rev. Roumaine

- Biochimie. – 1965. – 2. – P. 205 – 211.
19. Chen H., Jiang J.-G. Osmotic responses of *Dunaliella* to the changes of salinity // Journal of Cellular Physiology. - 2009. - **219**. - P. 251–258.
 20. De Vooy C.G.N., Geenevasen J.A.J. Biosynthesis and role in osmoregulation of glycine-betaine in the Mediterranean mussel *Mytilus galloprovincialis* LMK // Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology. - 2002. - **132**. - P. 409–414.
 21. Goolish E.M., Burton R.S. Energetics of osmoregulation in an intertidal copepod: effects of anoxia and lipid reserves on the pattern of free amino acid accumulation // Funct. Ecol. - 1989. - **3**. - P. 81–89.
 22. Hamaidi F., Defaye D., Semroud R. Copepoda of Algerian fresh waters: checklist, new records, and comments on their biodiversity // Crustaceana. - 2010. - **83**. - P. 101–126.
 23. Kipriyanova L.M., Yermolaeva N.I., Bezmaternykh D.M., Dvurechenskaya S.Y., Mitrofanova E.Y. Changes in the biota of Chany Lake along a salinity gradient // Hydrobiologia. - 2007. - **576**. - P. 83–93.
 24. Lindley L.C., Phelps R.P., Davis D.A., Cummins K.A. Salinity acclimation and free amino acid enrichment of copepod nauplii for first-feeding of larval marine fish // Aquaculture. - 2011. - **318**. - P. 402–406.
 25. Mageed A.A.A. Effect of some environmental factors on the biodiversity of holozooplankton community in lake Qarun, Egypt // Egyptian Journal of Aquatic Research. - 2005. - **31**. - P. 230–250.
 26. Marrone F. The microcrustacean fauna of Sicily and the Central Mediterranean Sea area - current knowledge and gaps to be filled // Polish Journal of Ecology. - 2006. - **54**. - P. 681–686.
 27. Oren A. Thermodynamic limits to microbial life at high salt concentrations // Environmental Microbiology. - 2011. - **13**. - P. 1908–1923.
 28. Patrick M.L., Bradley T.J. Regulation of compatible solute accumulation in larvae of the mosquito *Culex tarsalis*: osmolarity versus salinity // The Journal of Experimental Biology. - 2000. - **203**. - P. 831–839.
 29. Rokneddine A., Chentoufi M. 2004. Study of salinity and temperature tolerance limits regarding four crustacean species in a temporary salt water swamp (Lake Zima, Morocco) // Animal Biology. - 2004. - **54**. - P. 237–253.
 30. Samchyshyna L.V. Ecological Characteristic of Calanoids (Copepoda, Calanoida) of the Inland Waters of Ukraine // Vestnik zoologii. - 2008. - **42**. - P. 32–37.
 31. Scholz T., Bray R. A., Kuchta R., Repova R. Larvae of gyporhynchid cestodes (Cyclophyllidea) from fish: a review // Folia Parasit. - 2004. - **51**. - P. 131–152.
 32. Svetlichny L., Hubareva E., Khanaychenko A. *Calanipeda aquaedulcis* and *Arctodiaptomus salinus* are exceptionally euryhaline osmoconformers: evidence from mortality, oxygen consumption, and mass density patterns // Mar. Ecol. Progr. Ser. - 2012. - **470**. - P. 15–29.
 33. Van der Meeren T., Olsen R.E., Hamre K., Fyhn H.J. Biochemical composition of copepods for evaluation of feed quality in production of juvenile marine fish // Aquaculture. - 2008. - **274**. - P. 375–397.
 34. Yancey P.H. Water Stress, Osmolytes and Proteins // American Zoologist. - 2001. - **41**. - P. 699–709.
 35. Yancey P.H., Heppenstall M., Ly S. Andrell R.M., Gates R.D., Carter V.L., Hagedorn M. Betaines and dimethylsulfoniopropionate as major osmolytes in cnidaria with endosymbiotic dinoflagellates // Physiological and Biochemical Zoology. - 2010. - **83**. - P. 167 – 173.

Поступила 20 марта 2013 г.
После доработки 18 марта 2014 г.

***Arctodiaptomus salinus* (Daday 1885) (Calanoida, Copepoda) в солоних водоймах Криму. О. В. Ануфрієва, М. В. Шадрін.** *A. salinus* мешкає у водоймищах Криму при солоності від 5 до 210 ‰. Попередні експерименти показали, що верхня межа, при якій вид існує, 70 ‰. *A. salinus* - осмоконформер, тобто осморегуляція у нього йде на клітинному рівні за рахунок осмолітів. У природі при солоності вище 100 ‰ рачки споживають екзоосмоліти з їжею. Знаходження *A. salinus* при високих солоностях збігалось із спалахами цвітіння *Dunaliella salina*, в якій при високих солоностях осмоліти складають до 80 % сухої маси клітин. Споживаючи дуналієллу, *A. salinus* отримує достатньо осмолітів, щоб не витратити свої енергетичні ресурси на їх синтез при високих солоностях.

Ключові слова: Copepoda, *Arctodiaptomus salinus*, гіперсолоні озера, осмоліти, Крим

***Arctodiaptomus salinus* (Daday 1885) (Calanoida, Copepoda) in saline water bodies of the Crimea. E. V. Anufrieva, N. V. Shadrin.** *A. salinus* inhabits the Crimean lakes under the salinity from 5 to 210 ‰. The earlier experiments have shown that the upper salinity limit of the species is 70 ‰. Authors explain this discrepancy of field and experimental data that at salinities above 100 ‰ copepods consume exoosmolytes, mainly from food. *A. salinus* is an osmokonformer, to survive under osmotic stress it utilizes mechanisms of cell level - accumulates the osmolytes. We found *A. salinus* under high salinities, where *Dunaliella salina* blooming observed. *D. salina* intensifies the synthesis of osmolytes under high salinities; they can be up to 80 % of the dry weight of the cells. Probably *A. salinus* gets enough osmolytes by consuming *Dunaliella* to live under salinities above 70 ‰.

Key words: Copepoda, *Arctodiaptomus salinus*, hypersaline lakes, osmolytes, Crimea