

- Д.Е. Ельников // Современные проблемы Азово-Черноморского региона : мат. III Межд. конф., 10-11 окт. 2007. – Керчь: ЮгНИРО. – 2007. – С. 3–9.
4. Кения М.В. Роль низкомолекулярных антиоксидантов при окислительном стрессе / М.В. Кения, А.И. Лукаш, Е.П. Гуськов // Успехи современной биологии. – 1993. – Т. 113, вып. 4. – С. 456–470.
 5. Меерсон Ф.З. Физиология адаптационных процессов / Ф.З. Меерсон. – М.: Наука, 1986. – 722 с.
 6. Морозов А.А. Органная специфика антиоксидантной системы леща *Abramis brama* из Рыбинского водохранилища / А.А. Морозов, Г.М. Чуйко, В.А. Подгорная // Организмы, популяции, экосистемы: проблемы и пути сохранения биоразнообразия: материалы Всероссийской конференции с международным участием, 24–28 ноября 2008. – Вологда, 2008. – С. 75–77.
 7. Солдатов А.А. Состояние антиоксидантного ферментативного комплекса тканей черноморского моллюска *Mytilus galloprovincialis* Lam. в условиях естественного окислительного стресса / А.А. Солдатов, О.Л. Гостюхина, И.В. Головина // Журн. эволюц. биохим. и физиол. – 2008. – Т. 44, № 2. – С. 150–155.
 8. Shulman G.E. The Biochemical Ecology of Marine Fishes, *Advances in Marine Biology* / Shulman G.E., Love R.M.. – San Diego: Acad. Press, 1999. – Vol. 36. – 351 p.

О.Л. Гостюхина, І.В. Головіна, В.Є. Гірагосов, А.М. Ханайченко
Інститут біології південних морів НАН України, Севастополь

СТАТЕВІ ОСОБЛИВОСТІ АНТИОКСИДАНТНОЇ СИСТЕМИ ТКАНИН ЧОРНОМОРСЬКОЇ КАМБАЛИ-КАЛКАНА

Досліджували антиоксидантний комплекс (АО) та перекисне окиснення ліпідів (ПОЛ) в тканинах самців і самиць камбали в період нересту. У печінці, червоних і білих м'язах, зябрах і гонадах визначали активність глутатіонпероксидази, глутатіонредуктази, каталази, рівень глутатіону і ТБК-активних продуктів. Встановлені статеві особливості АО комплексу і ПОЛ тканин камбали.

Ключові слова: антиоксидантна система, самці і самки, камбала-калкан, нерест

O.L. Gostyukhina, I.V. Golovina, V.E. Giragosov, A.N. Khanaychenko
Institute of Biology of the Southern Seas of NAS of Ukraine, Sevastopol

SEX-RELATED PECULIARITIES OF THE ANTIOXIDANT SYSTEM IN THE TISSUES OF THE BLACK SEA TURBOT

The antioxidant complex (AO) and processes of lipid peroxidation (LP) in the tissues of males and females of the Black Sea turbot have been investigated during the spawning season. The activity of glutathione peroxidase, glutathione reductase, catalase and level of glutathione and TBA-active products in liver, red and white muscles, gonads and gills have been determined. Sex-related peculiarities in the tissues of the turbot AO complex and LP have been found.

Key words: antioxidante system, males and females, turbot, spawning

УДК 595.34: 591.3 (262.5+262.53)

Е.С. ГУБАРЕВА, Л.С. СВЕТЛИЧНЫЙ

Институт биологии южных морей НАН Украины
пр-т Нахимова, 2, Севастополь 99011

СОЛЕНОСТНАЯ И ТЕМПЕРАТУРНАЯ ТОЛЕРАНТНОСТЬ МОРСКИХ КОПЕПОД *ACARTIA CLAUSI* И *ACARTIA TONSA* В ЭМБРИОНАЛЬНЫЙ ПЕРИОД

На основании измеренных величин плотности рассчитана скорость погружения яиц *Acartia clausi* и *A. tonsa*, отложенных в верхних слоях Мраморного и Черного морей, в слои с соленостным и температурным градиентами. Исследовано влияние градуального изменения температуры и солености на выживаемость яиц этих видов.

Ключевые слова: *Acartia clausi*, *Acartia tonsa*, яйца, плотность, выживаемость, Мраморное море, Черное море

Acartia clausi Giesbrecht, 1889 и *Acartia tonsa* Dana, 1849 являются распространенными эпипланктоными видами морских копепод, откладывающими яйца в воду. Обычно яйца копепод

имеют плотность, превышающую плотность морской воды, и за время развития эмбриона могут опускаться на значительную глубину [2, 9]. По мнению [4], погружение яиц копепод позволяет снизить вероятность каннибализма со стороны взрослых особей и пресс эпипланктонных хищников. Эти авторы оценивали опускание яиц при постоянных параметрах среды. Однако физические параметры верхних слоев моря часто бывают неоднородны. В Черном море в период сезонной стратификации развивается резкий (от 7–8°C до 20–24°C) термоклин, а в соседствующем с ним Мраморном море постоянно существует не менее выраженный (от 18–22‰ до 38,5‰) галоклин.

В данной работе была определена плотность яиц *A. clausi* и *A. tonsa* и рассчитана скорость их опускания в верхних слоях Черного и Мраморного морей. Также было исследовано влияние градуального (в соответствии со скоростями опускания в градиентной среде) изменения температуры и солёности на выживаемость яиц этих видов.

Материал и методы исследований

Копеподы *A. clausi* были собраны сетью Нансена в северо-восточной части Мраморного моря в июне 2007 г. и Черном море (Севастопольская бухта) в июле 2008 г., а *A. tonsa* – в июле 2008 г. только в Севастопольской бухте.

В лаборатории отобранных для опытов самки *A. clausi* и *A. tonsa* содержали при 20±1°C в аквариумах с морской водой с солёностью 18‰ и 22‰ для черноморских и мраморноморских акарий соответственно. Пищей копеподам служили диатомовые водоросли *Thalassiosira weissflogii*.

Плотность яиц (ρ , г см⁻³) черноморских *A. clausi* и *A. tonsa* рассчитали по скорости погружения в трубках диаметром 1 см, помещённых в аквариум с постоянной температурой воды, используя формулу, вытекающую из уравнения Стокса [3].

Для изучения влияния солёности на вылупляемость яиц *A. clausi* и *A. tonsa* свежееотложенные яйца этих копепод помещали в кристаллизаторы с фильтрованной морской водой при 20°C на ~20 ч, подвергая их повышению солёности от 17–18‰ (для черноморских *A. clausi* и *A. tonsa*) и 22‰ (для мраморноморских *A. clausi*) до 38,5‰ за счёт естественного испарения. Длительность опыта (~20 ч) соответствовала продолжительности эмбрионального развития яиц акарий при 20°C [12]. При 7–8°C продолжительность повышения солёности увеличивали до 48 ч. Солёность измеряли при помощи ручного рефрактометра RHS-10ATC и кондуктометра HACH «SensIon 5».

Для определения влияния низкой температуры на вылупляемость яиц *A. clausi* и *A. tonsa* кристаллизаторы с яйцами копепод постепенно охлаждали до 7–8°C в течение 10 ч. Кумулятивное действие температуры и солёности на уровень вылупляемости яиц этих видов исследовали, одновременно понижая температуру и повышая солёность воды.

Результаты исследований и их обсуждение

В Черном море (солёность 18‰) средняя плотность яиц черноморских *A. clausi* и *A. tonsa* составила соответственно 1,044±0,005 г см⁻³ и 1,062±0,007 г см⁻³. Близкая величина средней плотности яиц (1,066 г см⁻³) была получена для *A. tonsa* из Мексиканского залива [9].

Чтобы оценить глубину погружения яиц *A. clausi* и *A. tonsa*, отложенных в верхних слоях Черного моря, выполнили модельные расчеты, основанные на скорости опускания яиц при температурах воды 10–25°C и продолжительности эмбрионального развития (D, сутки), рассчитанной по формулам: $D=1442(T+10,49)^{-2,05}$ [7] для *A. clausi* и $D=489(T-1,8)^{-2,05}$ [8] для *A. tonsa*, где T – температура воды.

Скорость опускания яиц *A. tonsa* оказалась в 1,47 раза выше, чем у *A. clausi*, при всех исследованных значениях температуры (табл. 1). При высоких температурах (20–25°C) продолжительность эмбрионального развития этих видов примерно одинакова (0,8–1,3 сут), но при низкой температуре (10°C) этот период у *A. tonsa* в 2,2 раза больше. В результате максимальная глубина опускания яиц до вылупления науплиусов у *A. tonsa* достигает 72 м, тогда как у *A. clausi* она не превышает 22 м (табл. 1).

Слои с градиентами солёности и температуры в Мраморном и Черном морях находятся достаточно близко к поверхности (15–20 м). В Черном море *A. tonsa* развивается при температурах выше 15°C [1] в мелководных (10–20 м) районах бухт, где вода прогревается до самого дна. В более глубоких районах Черного моря значительная доля яиц *A. tonsa*, в соответствии с нашей оценкой, опускалась бы в холодный перемешанный слой с температурой 6–8°C. В наших опытах при такой температуре вылупляемость яиц достигала 47% (табл. 2), однако появившиеся науплиусы были неподвижными или передвигались со скоростью 0,0035–0,01 см с⁻¹, не позволяющей выбраться из

температурной ловушки глубоких слоев, так как скорости пассивного опускания ранних науплиальных стадий этого вида достигают $0,02 \text{ см с}^{-1}$ [11]. Это дает объяснение тому, что *A. tonsa* развивается преимущественно в мелководных эстуариях и бухтах [5, 10].

Таблица 1

Продолжительность эмбрионального развития, скорость и глубина опускания яиц *Acartia clausi* и *Acartia tonsa* при разной температуре

Температура, °C	Продолжительность эмбрионального развития, сутки*		Скорость опускания яиц, $\text{см} \cdot \text{с}^{-1}$		Глубина опускания яиц, м	
	<i>Acartia clausi</i>	<i>Acartia tonsa</i>	<i>Acartia clausi</i>	<i>Acartia tonsa</i>	<i>Acartia clausi</i>	<i>Acartia tonsa</i>
25	0,96	0,78	0,014	0,019	11,40	13,29
20	1,31	1,28	0,012	0,017	13,38	19,03
15	1,89	2,47	0,010	0,015	16,48	31,67
10	2,95	6,55	0,009	0,013	21,84	71,98

Примечание: * – продолжительность эмбрионального развития рассчитана по [7] для *Acartia clausi* и по [8] для *Acartia tonsa*.

Таблица 2

Вылупляемость яиц *Acartia clausi* и *Acartia tonsa*, собранных в Мраморном и Черном морях, при различных температуре и солености

Температура, °C	Соленость, ‰	Вылупляемость яиц, %		
		<i>Acartia clausi</i>		<i>Acartia tonsa</i>
		Мраморное море	Черное море	Черное море
20	18	–	$80,0 \pm 12,0$	$77,7 \pm 18,5$
20	22	$84,2 \pm 14,9$	–	–
20	38,5	$51,4 \pm 29,5$	$7,5 \pm 3,5$	$59,7 \pm 28,1$
7	18	–	$84,0 \pm 8,0$	$46,7 \pm 21,5$
7	38,5	$75,6 \pm 10,5$	$6,7 \pm 2,7$	$10,2 \pm 4,7$

Низкий процент вылупляемости яиц *A. tonsa* (от 10% до 60%) отмечен нами и при повышении солености до 38,5‰. Следовательно, соленостный градиент также может ограничивать развитие этого вида в глубоких районах Мраморного моря. Установленная нами низкая температурная и соленостная толерантность ранних стадий развития *A. tonsa* подтверждается экспериментами [10], в которых при солености выше 20–25‰ и температуре ниже 20°C выживаемость науплиусов *A. tonsa* резко снижалась. По-видимому, этим объясняется катастрофическое снижение численности этого вида в районе Босфорского пролива по направлению от Черного к Мраморному морю [6].

У *A. clausi*, обитающих в Черном и Мраморном морях на протяжении всего года, низкие температуры не влияли на уровень вылупляемости яиц (табл. 2), однако повышение солености до 38,5‰ снижало выживаемость яиц (в меньшей степени – отложенных мраморноморскими самками при 22‰). Низкая толерантность к высокой солености была отмечена и у самок черноморских *A. clausi* [6].

Выводы

Плотность яиц планктонных копепод обусловлена экологической стратегией их развития. Стенотермные *A. tonsa* откладывают более тяжелые субитанные яйца, способные, по-видимому, опускаться в донные илы. Эта особенность, дающая конкурентные преимущества в мелководных полужамкнутых водоемах, препятствует воспроизводству вида в открытых глубоководных районах Черного моря, в которых яйца *A. tonsa* опускаются в холодный промежуточный слой, где появившиеся науплиусы оказываются не способными подняться в прогретые верхние слои. Яйца эвритермных *A. clausi* имеют меньшую плотность, чем у *A. tonsa*, и при всех температурных режимах Черного моря они могут развиваться в верхних слоях, распространяясь течениями по его акватории.

Авторы выражают благодарность д-ру Мелек Ишинбилир (Стамбульский университет, Турция) за содействие в сборе проб в Мраморном море.

1. Губанова А.Д. *Acartia tonsa* Dana в Севастопольской бухте: появление, сезонная динамика, размерная структура / А.Д. Губанова // Экология. – 2000. – Вып. 51. – С. 5–58.
2. Сажина Л.И. Размножение, рост, продукция морских веслоногих ракообразных / Л.И. Сажина. – К.: Наук. думка, 1987. – 156 с.
3. Степанов В.Н. Исследования гидромеханических характеристик планктонных копепод / Степанов В.Н., Светличный Л.С. – К.: Наук. думка, 1981. – 128 с.
4. Bonnet B. *Calanus* the cannibal / B. Bonnet, J. Titelman, R. Harris // J. Plank. Res. – 2004. – Vol. 26. – P. 937–948.
5. Chinnery F.E. The influence of temperature and salinity on *Acartia* (Copepoda: Calanoida) nauplii survival / Chinnery F.E., Williams J.A. // Mar. Biol. – 2004. – Vol. 145. – P. 733–738.
6. Hubareva E. Fate of the Black Sea *Acartia clausi* and *A. tonsa* (Copepoda) penetrating into the Marmara Sea through the Bosphorus / E. Hubareva, L. Svetlichny, A. Kideys [et al.] // Estuarine, Coastal and Shelf Science. – 2008. – Vol. 76. – P. 13–140.
7. McLaren I.A. Generation lengths of some temperate marine copepods: estimation, prediction, and implications // J. Fish Res. Board Can. – 1978. – Vol. 35. – P. 1330–1342.
8. McLaren I.A. Temperature adaptation of copepod eggs from the Arctic to the tropics / I.A. McLaren, C.J. Corkett, E.J. Zilliox // Biological Bulletin, Marine Biological Laboratory, Woods Hole, Mass. – 1969. – Vol. 137. – P. 486–493.
9. Miller D.D. The effects of salinity and temperature on the density and sinking velocity of eggs of the calanoid copepod *Acartia tonsa* Dana / Miller D.D., Marcus N.H. // J. Exp. Mar. Biol. Ecol. – 1994. – Vol. 179. – P. 235–252.
10. Tester P.A. Why is *A. tonsa* restricted to estuarine habitats? / Tester P.A., Turner J. // Bulletin of the Plankton Society of Japan. – 1991. – Spec. Vol. – P. 603–611.
11. Titelman J. Motility of copepod nauplii and implications for food encounter / Titelman J., Kiorboe T. // Mar. Ecol. Progr. Ser. – 2003. – Vol. 247. – P. 123–135.
12. Uye S. Development of neritic copepods *Acartia clausi* and *A. steueri*. I. Some environmental factors affecting egg development and the nature of resting eggs / S. Uye // Bull. Plank. Soc. Japan. – 1980. – Vol. 27. – P. 1–9.

О.С. Губарева, Л.С. Светличний

Інститут біології південних морів НАН України, Севастополь

СОЛОНІСТНА ТА ТЕМПЕРАТУРНА ТОЛЕРАНТНІСТЬ МОРСЬКИХ КОПЕПОД *ACARTIA CLAUSI* І *ACARTIA TONSA* У ЕМБРІОНАЛЬНИЙ ПЕРІОД

На підставі вимірюваних величин щільності розрахована швидкість занурення яєць *Acartia clausi* і *A. tonsa*, відкладених у верхніх шарах Мармурового та Чорного морів, у шари з солоним і температурним градієнтами. Досліджено вплив поступових змін температури та солоності на виживання яєць цих видів копепод.

Ключові слова: *Acartia clausi*, *Acartia tonsa*, яйця, щільність, виживання, Мармурове море, Чорне море

E.S. Hubareva, L.S. Svetlichny

Institute of Biology of the Southern Seas of NAS of Ukraine, Sevastopol

SALINITY AND TEMPERATURE TOLERANCE IN MARINE COPEPODS *ACARTIA CLAUSI* AND *ACARTIA TONSA* DURING EMBRYONIC PERIOD

Speed of sinking to salinity and temperature gradients of the Marmara and Black Seas was calculated for eggs of *Acartia clausi* and *A. tonsa* laid in the upper layers basing on egg mass densities. The effect of gradual changing of temperature and salinity on egg hatching success of these species was studied.

Key words: *Acartia clausi*, *Acartia tonsa*, eggs, density, hatching success, Marmara Sea, Black Sea

УДК 582.232:[581.143+577.122.5]

И.Н. ГУДВИЛОВИЧ, А.Б. БОРОВКОВ, Р.П. ТРЕНКЕНШУ

Институт биологии южных морей НАН Украины
пр-т Нахимова 2, Севастополь 99011

ПРОДУКТИВНОСТЬ КУЛЬТУРЫ *DUNALIELLA SALINA* НА РАЗЛИЧНЫХ ПИТАТЕЛЬНЫХ СРЕДАХ

Исследована динамика плотности накопительной и квазинепрерывной культуры *Dunaliella salina* на различных питательных средах. На двух этапах рассчитана продуктивность культуры дуналиеллы