

Чорного і Азовського морей. Государственная гидрометеорологическая служба Украины. – 2009. – № 2 (10) – С.169–185.

2. *Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик.* – Л.: Гидрометеоиздат, 1984. – 447 с.

*Е.Д. Гопченко, Ж.Р. Шакирзанова*

Одесский государственный экологический университет, Украина

#### МЕТОДИКА ДОЛГОСРОЧНОГО ПРОГНОЗА ПОСТУПЛЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД К ЗАКРЫТЫМ ЛИМАНАМ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПРИЧЕРНОМОРЬЯ В ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД ГОДА

Впервые для закрытых лиманов Одесской области обоснована методика долгосрочного прогноза притока поверхностных вод весеннего периода, которая реализована авторами для весеннего половодья 2010 г.

*Ключевые слова:* долгосрочное прогнозирование, лиманы, весеннее водополье, стокообразующие факторы, объем и уровни воды

*E. Gopchenko, J. Shakirzanova*

Odesa State Ecological University, Ukraine

#### THE METHODS OF THE LONG-TERM FORECAST OF SURFACE WATER FLOW TO THE CLOSED ESTUARIES IN NORTH-WEST AREA OF THE BLACK SEA IN THE SPRING SEASON

For the first time, the method of long-term forecast of surface water of spring period for the closed estuaries of Odessa region period was substantiated, and it was realized by the authors for the spring flood in 2010.

*Key words:* long-term prognostication, estuaries, volume and water levels

УДК 577.15:597.556.35:591.16(262.5)

О.Л. ГОСТЮХИНА, И.В. ГОЛОВИНА, В.Е. ГИРАГОСОВ, А.Н. ХАНАЙЧЕНКО

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

### **ПОЛОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ ТКАНЕЙ ЧЕРНОМОРСКОЙ КАМБАЛЫ-КАЛКАН**

Исследовали антиоксидантный (АО) комплекс и перекисное окисление липидов (ПОЛ) в тканях самцов и самок камбалы-калкан в нерестовый период. В печени, красных и белых мышцах, жабрах и гонадах определяли активность глутатионпероксидазы, глутатионредуктазы, каталазы, уровень глутатиона и ТБК-активных продуктов. Установлены половые особенности АО комплекса и ПОЛ тканей камбалы.

*Ключевые слова:* антиоксидантная система, самцы и самки, камбала-калкан, нерест

Камбала-калкан – ценный промысловый вид черноморского региона. Уязвимость этого вида рыб при массивном антропогенном воздействии определяет влияние даже незначительных изменений условий среды на физиологическое состояние калкана. Значения основных биологических показателей калкана в прибрежных водах Севастополя свидетельствуют о стрессовом состоянии популяции этого вида рыб [3]. Одной из важнейших систем, определяющих устойчивость животных к различным стресс-факторам, является антиоксидантный (АО) комплекс и соотношение АО активности с уровнем перекисного окисления липидов (ПОЛ) [1, 5].

Цель настоящей работы – установить особенности АО системы и ПОЛ у самцов и самок камбалы-калкан в нерестовый период.

#### **Материал и методы исследований**

Объектом исследования служили половозрелые особи черноморской камбалы-калкан *Psetta (Scophthalmus) maxima maotica* (L., 1758). Рыбы выловлены в апреле–мае 2006 г. в районе Севастополя. Препарирование тканей, гомогенизацию, центрифугирование, измерение исследуемых параметров проводили, как описано ранее [7]. Определяли активность

глутатионпероксидазы (ГП) по накоплению окисленного глутатиона (GSSG), глутатионредуктазы (ГР) – по убыли НАДФН, каталазы – по реакции с молибдатом аммония, содержание восстановленного глутатиона (GSH) – по образованию комплекса с аллоксановым реактивом, уровень ПОЛ – по накоплению ТБК-активных продуктов. Активность ферментов измеряли при стандартной температуре 25°C. Содержание белков определяли методом Лоури.

Статистическую обработку проводили с использованием t-критерия Стьюдента.

**Результаты исследований и их обсуждение**

Наиболее высокие показатели АО комплекса обнаружены в печени самок камбалы (табл.). Активность ферментов расщепления пероксида водорода – ГП и каталазы – была выше по сравнению с самцами в 2,1 и 1,7 раза, соответственно (p≤0,05). Установлена тенденция к повышению уровня GSH и активности ГР по сравнению с самцами. Очевидно, это обусловлено ролью печени рыб в процессах гонадогенеза [8]. В печени самок камбалы содержание белка, общих липидов, ДНК и РНК, гликогена выше, чем у самцов, что связано с более активной пролиферацией гепатоцитов и синтезом новых клеточных мембран [2]. Все это определяет повышенную интенсивность окислительных процессов у самок камбалы.

Высокие активности АО ферментов у самок можно рассматривать как ответ на усиление свободно-радикального окисления. С участием ГП и каталазы происходит утилизация пероксида водорода и гидропероксидов как в низких, так и в высоких концентрациях [1]. Вероятно, наряду с ГП в АО защите ткани печени самок могут также участвовать ГР и GSH. Подтверждением высокой эффективности ГП и каталазы у самок может служить несколько более низкий уровень ТБК-активных продуктов в их печени, чем у самцов.

В красных и белых мышцах самок активность ГП была в 1,4–1,5 раза выше (p≤0,05), чем у самцов. Самки превосходили самцов по активности ГР в красных мышцах в 1,9 раза (p≤0,05) и содержанию GSH в белых мышцах в 1,7 раза (p≤0,05). Содержание ТБК-активных продуктов в белых мышцах самок было в 2,9 раза больше, чем у самцов (p≤0,05), а в красных мышцах – в 1,5 раза (p≥0,05). Самцы характеризовались вдвое большей активностью каталазы в обоих типах мышц (p≤0,05).

Таблица

Показатели АО системы и ПОЛ в тканях самок и самцов камбалы-калкан

Ткани	ГП, мкмоль GSSG мин <sup>-1</sup> мг <sup>-1</sup> белка	ГР, мкмоль НАДФН мин <sup>-1</sup> мг <sup>-1</sup> белка	GSH, мкг г <sup>-1</sup> ткани	Каталаза, мкмоль H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> мин <sup>-1</sup> мг <sup>-1</sup> белка	ТБК-активные продукты, мкмоль МДА г <sup>-1</sup> ткани
Самки					
Печень	23,71±5,23*	2,36±1,13	446,7±90,9	21,64±3,23*	98,89±18,46
Красные мышцы	40,28±0,72*	2,13±0,18*	208,5±47,8	9,35±3,53*	133,01±54,45
Белые мышцы	21,07±1,09*	0,44±0,06	224,6±30,1*	4,77±1,19*	171,40±47,72*
Жабры	33,43±4,15	2,56±0,60	233,2±38,9*	28,33±6,27	98,65±32,0*
Гонады	10,21±2,09	0,49±0,06*	301,7±49,0*	6,56±1,88	86,22±12,50
Самцы					
Печень	11,25±1,31*	1,06±0,15	302,5±52,2	12,98±0,81*	119,15±15,32
Красные мышцы	28,72±5,21*	1,10±0,12*	307,1±82,8	19,20±3,12*	89,30±15,86
Белые мышцы	14,31±2,97*	0,50±0,12	131,5±24,5*	10,18±2,12*	58,59±5,83*
Жабры	35,41±6,07	3,40±0,77	116,2±24,2*	62,06±28,0	29,84±4,17*
Гонады	13,69±3,69	1,47±0,15*	167,3±25,5*	4,89±1,25	93,96±18,74

Примечание: \* – различия в показателях между самцами и самками достоверны (p≤0,05), n=5–8.

Красные мышцы принимают участие в обеспечении пластических и энергетических нужд формирующихся гонад, половых продуктов. Такие процессы интенсивнее протекают у самок [8]. Из мышц в яичники транспортируются эстерифицированные жирные кислоты и другие липидные компоненты [2]. Это, вероятно, создает предпосылки для активации процессов ПОЛ и отражает скорость свободно-радикальных процессов в мышцах самок.

Сравнительный анализ различий АО комплекса в мышцах калкана показал разную направленность стратегии АО защиты у самцов и самок. Повышенные активности компонентов глутатионпероксидной системы (ГПС) у самок указывают на ее доминирование в АО комплексе красных и белых мышц. Причем, в красных мышцах самок, очевидно, происходит утилизация пероксида водорода и гидроперекисей с участием ГП, а ГР, соответственно, возобновляет ресурс восстановленного глутатиона. В белых мышцах самок значительная роль в АО реакциях принадлежит не только ГП, но и глутатиону.

В АО комплексе красных и белых мышц самцов преобладает активность каталазы. Красные мышцы являются поставщиком ряда липидных соединений для созревающих семенников и формирования мембран сперматоцитов [8]. Выход указанных веществ из состава мышечной ткани, предположительно, может сопровождаться усилением процессов липопероксидации и накоплением продуктов ПОЛ. Это, в свою очередь, могло привести к активации каталазы, утилизирующей пероксид водорода в высоких концентрациях.

Белые мышцы самцов камбалы отличаются высокой концентрацией триацилглицеридов (ТАГ) [2], необходимых для поддержания повышенной плавательной активности во время нереста. При окислении ТАГ возможно образование недоокисленных продуктов, способствующих активации процессов ПОЛ. Высокая активность каталазы в белых мышцах самцов, возможно, предотвращает накопление больших концентраций пероксида водорода и защищает данный орган от окислительного повреждения.

В жабрах самок камбалы по сравнению с самцами в 2,0 раза выше уровень GSH и в 3,3 раза – ТБК-активных продуктов ( $p \leq 0,05$ ). Так же, как и в мышцах, это может быть связано с процессами генеративного синтеза, необходимостью обеспечивать более высокие энергетические затраты, что требует более интенсивного дыхания. Вероятно, это приводит к усилению свободно-радикального окисления в жабрах и накоплению продуктов ПОЛ. Наряду с молекулярным кислородом, поступающим из воды, свой вклад в усиление ПОЛ могут вносить также эритроциты крови, способные к генерации АФК при взаимодействии кислорода с гемоглобином [6]. Ключевую роль в защите жабр от избыточного количества АФК играет ГПС и, в первую очередь, глутатион, содержание которого в жабрах самок значительно выше, чем у самцов. В АО комплексе жабр самцов, также как в красных и белых мышцах, выше активность каталазы, однако в жабрах, в отличие от мышц, это лишь тенденция.

В гонадах самцов активность ГР была в 3 раза ( $p \leq 0,05$ ) выше, а содержание GSH – в 1,8 раза ( $p \leq 0,05$ ) ниже, чем у самок. Увеличение уровня GSH на фоне неизменных активностей GSH-зависимых ферментов свидетельствует, очевидно, о реализации самостоятельной АО функции этого метаболита, не связанной с ГП. Возобновление ресурса GSH помимо работы ГР может происходить в результате его синтеза *de novo* [4], что могло иметь место в гонадах самок камбалы, так как рост уровня GSH у них происходил на фоне одинаковой с самцами активности ГР. Повышенный уровень глутатиона, вероятно, обеспечивает защиту ткани гонад самок от действия широкого ряда АФК.

Высокая активность ГР в гонадах самцов по сравнению с самками, очевидно, связана с поддержанием и наращиванием количества GSH в ткани. На этом фоне активность ГП, а также уровень самого GSH были такими же, как в гонадах самок. Высокая активность ГР может быть обусловлена адаптацией половых клеток самцов к обеспечению двигательной активности сперматозоидов при нересте.

Таким образом, установлены половые особенности АО системы и ПОЛ тканей черноморской камбалы-калкан в нерестовый период. Самки камбалы по сравнению с самцами характеризовались более высоким уровнем ПОЛ в белых мышцах и жабрах, глутатиона – в белых мышцах, жабрах и гонадах, а также активности каталазы в печени. Глутатионпероксидная система самок отличалась повышенной активностью глутатионпероксидазы в печени, красных и белых мышцах и глутатионредуктазы – в красных мышцах. Самцы камбалы превосходили самок по активности глутатионредуктазы в гонадах и активности каталазы в красных и белых мышцах.

1. Барабой В.А. Механизмы стресса и перекисное окисление липидов / В.А. Барабой // Усп. совр. биол. – 1991. – Т. 111, вып. 6. – С. 923–931.
2. Басова М.М. Функциональные особенности химического состава печени, мышц и гонад самцов и самок черноморской камбалы : автореф. дисс. ... канд. биол. наук. 03.00.13 “Физиология человека и животных” / М.М. Басова. – Симферополь, 2002. – 18 с.
3. Гиригосов В.Е. Характер и причины изменчивости основных показателей состояния нерестовой популяции черноморской камбалы-калкан на юго-западном шельфе Крыма / В.Е. Гиригосов, А.Н. Ханайченко,

- 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 леца *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. Гостюхіна, 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

Інститут біології южних морей НАН України

пр-т Нахімова, 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 эпипланктонными видами морских копепод, откладывающими яйца в воду. Обычно яйца копепод