

ВЛИЯНИЕ АНОКСИИ И РЕОКСИГЕНАЦИИ НА АНТИОКСИДАНТНУЮ АКТИВНОСТЬ *MIZUHOPECTEN YESSOENSIS*

А.А. Истомина, Н.В. Довженко

Тихоокеанский океанологический институт им. В. М. Ильичева ДВО РАН, Владивосток, Россия
istomina@poi.dvo.ru, nadezhda@poi.dvo.ru

В условиях растущего антропогенного воздействия на гидросферу повышенную актуальность приобретают проблемы прогнозирования влияния гипоксии (аноксии) на выживаемость водных организмов. Гипоксия охватила тысячи километров морских вод всего мира, привела к массовой гибели морских организмов, к обеднению бентосной фауны и снижению в продуктивности рыбных запасов. Гипоксия может уничтожать чувствительные к недостатку кислорода виды, вызывая изменения в видовом составе экосистем. И, так как связь организмов со средой осуществляется через обмен веществ, в основе которого лежат биохимические превращения, то определенный интерес представляют исследования биохимических сдвигов в организмах водных беспозвоночных по сравнению с нормой при стрессовом состоянии (гипоксия или аноксия). Одним из таких сдвигов является изменение в состоянии защитной антиоксидантной системы организмов.

В данной работе мы исследовали влияние аноксии и последующей реоксигенации на состояние антиоксидантной системы приморского гребешка (*Mizuhopecten yessoensis*).

M. yessoensis является стенооксифильным, чувствительным к недостатку кислорода видом, в связи с чем изменение состояния основных компонентов антиоксидантной системы моллюска может быть предложено в качестве маркера в мониторинге гипоксии (аноксии).

Компоненты антиоксидантной системы, представленные ферментами (супероксиддисмутаза (СОД), каталаза (КАТ), глутатион-редуктаза (ГР) и др.) и низкомолекулярными соединениями (глутатион и др.) были использованы нами как биомаркеры окислительного стресса, вызванного таким фактором, как аноксия.

В эксперименте использовали 2-х летних особей приморского гребешка, отобранных из садков марикультурного хозяйства б. Северной (Амурский залив, Японское море) в мае 2009. Экспериментальную аноксию (А) создавали, выдерживая моллюсков на воздухе при температуре 11⁰С в течение 8 и 20 часов (А 8, А20), с последующей реоксигенацией (Р) 12 часов после каждого периода аноксии. Для проведения биохимического анализа использовали ткань пищеварительной железы.

Результаты исследования показали, что в условиях аноксии (А 8, А20) активность СОД в клетках пищеварительной железы снизилась относительно контрольных величин на 31% и 41% соответственно, а после реоксигенации вернулась к контрольным значениям. Снижение в активности СОД после подверженности моллюсков аноксии также наблюдали в своих экспериментах Marta Monari и др. (2005), Eduardo A. Almeida и др. (2005).

В результате действия 8-ми и 20-ти часовой аноксии активность КАТ в клетках пищеварительной железы снизилась относительно контрольных величин на 34% и 6% соответственно. Во время реоксигенации активность фермента в клетках вернулась к контрольным значениям.

Вероятно, что основная функция обезвреживания оксидантов в А (8) принадлежала глутатиону и ГР. Активность ГР поддерживалась на высоком уровне во время этого периода, а содержание глутатиона увеличилось в течение всего эксперимента (Р (8), А (20), Р (20)).

После 20 часов аноксии активность ГР снизилась (на 31%), как и активность других ферментов, что допустимо объяснить быстрым «выгоранием» компонентов АО системы в клетках пищеварительной железы, накоплением продуктов метаболизма и продуктов окисления биоструктур, а также обезвоживанием тканей и уменьшением поступления кислорода.

После периода Р (А 8) активность всех ферментов достигла контрольных значений, кроме того, увеличилось не только содержание восстановленного глутатиона, но и малонового диальдегида (МДА) – продукта перекисного окисления липидов (ПОЛ) в пищеварительной железе – что является следствием действия высоких концентраций растворенного в воде кислорода. Как известно, образование активных форм кислорода (АФК) линейно увеличивается с концентрацией кислорода (Abele, 2007) и тем самым организмы реагируют на увеличение АФК усилением активности антиоксидантных ферментов (Santovito, 2005). 20-ти часовая аноксия привела к снижению в активности всех ферментов в клетках пищеварительной железы. Однако, несмотря на снижение активности ГР, уровень

восстановленного глутатиона увеличился. Аналогичную картину наблюдали Pannunzio и др. (1998) в ткани пищеварительной железы *L. littorea*, после 6 дней аноксии. Накопление МДА является показателем развития окислительных процессов в организме, в частности, продуктов ПОЛ, с которыми, как мы увидели, антиоксидантная защита в клетках пищеварительной железы экспериментальных моллюсков не способна справляться как в период аноксии, так и в период реоксигенации.

После Р (20) активность СОД и КАТ пищеварительной железы вернулась к контрольным значениям, а ГР осталась на низком уровне. Возможно, что действие А (20) привело к более серьезным изменениям в антиоксидантной системе, чем А (8).

Гребешок оказался устойчив к непродолжительной аноксии (А 8), и последующей реоксигенации, что подтверждается согласованной работой антиоксидантных ферментов и глутатиона. Действие А (20) привело к ослаблению антиоксидантных защит, но не исключено, что большая по длительности реоксигенация (больше, чем 12 часов) способствовала бы полному восстановлению АО системы.

Как показали наши эксперименты, для *M. yessoensis* присущ хорошо сбалансированный механизм биохимической адаптации к повышенному уровню О₂ в воде, но не к его отсутствию.

THE EFFECT OF ANOXIA EXPOSURE AND AEROBIC RECOVERY ON THE ANTIOXIDANT DEFENSES OF SCALLOPS *MIZUHOPECTEN YESSOENSIS*

A.A. Istomina, N.V. Dovzhenko

V.I. Illichev Pacific Oceanological Institute FEB RAS, Vladivostok, Russia
istomina@poi.dvo.ru, nadezhda@poi.dvo.ru

The effect of anoxia exposure (in air for 8, 20 h at 11 °C) and aerobic recovery (12 h) to the antioxidant defenses of scallops, *Mizuhopecten yessoensis*, were assessed in digestive gland. Activities of three enzymes were suppressed (to 6–40% of controls) in digestive gland during anoxia exposure: superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT), glutathione reductase (GR). When returned to aerobic conditions, activities of enzymes to return to a pre-aerial exposure levels, except GR (20 h). The decrease in SOD, CAT and GR activity during anoxic incubation suggested a decreasing ROS generation due to the lack of oxygen. Anoxia exposure stimulated an increase in the amount of the glutathione in digestive gland. Scallops were exposed to air for 8, 20 h showing a clear increase in the levels of lipid peroxidation. The results of this study demonstrate that after 20 h anoxia, 12 h of recovery is not sufficient to restore pre-anoxic conditions.

ОСОБЕННОСТИ ХОЛИНЕРГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДВУСТВОРЧАТОГО МОЛЛЮСКА *CRENOMYTILUS GRAYANUS* В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННОГО СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В СРЕДЕ

В.Я. Кавун¹, А.И. Чепкасова², О.В. Подгурская¹, Н.Н. Ковалев²

¹ Институт биологии моря имени А.В. Жирмунского ДВО РАН, Владивосток

² Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр, Владивосток
olga_pod@mail.ru

Исследовано влияние условий среды обитания на кинетические характеристики гидролиза субстрата и активность холинэстеразы гемолимфы мидий Грея. Мидии отобраны в фоновом районе (ст. 1), в зонах действия сезонных (ст. 2) и стационарного (ст. 3) апвеллингов, а также в загрязненном районе (ст. 4).

Показано, что в мягких тканях мидий из района действия сезонных апвеллингов определено достоверно повышенное содержание Cd, Pb. Мягкие ткани мидий из зоны действия стационарного апвеллинга обогащены Cu, Pb и, особенно, Cd. В мягких тканях мидий, отобранных в загрязненном районе, накапливается Cu и Pb.

Обнаружено, что в гемолимфе мидии из района действия сезонных апвеллингов в наибольшей степени содержится Pb и Cd. Особо повышенное содержание этих же металлов (концентрация в 8.3 и 17.5 раз, соответственно, выше фонового уровня) обнаружено и в гемолимфе мидий из зоны действия стационарного апвеллинга. Гемолимфа мидий из загрязненного района обогащена Cu, Fe, Cd и Pb (табл. 1).