

количестве, чем кадмий. Её уровень превышал контрольные значения в 3–4 раза. Значительное накопление кадмия в тканях сказывалось на общем содержании белка: в пищеварительной железе в обеих сериях опыта наблюдалось снижение, а в жабрах при более высоких концентрациях металла в воде и при длительном воздействии отмечалось небольшое повышение уровня белка. Реакция на присутствие меди в среде обитания мидий была более заметной. В пищеварительной железе в первые сутки опыта содержание белка возрастало на 20%, а в жабрах при минимальной концентрации меди (5 мкг/л) в 2 раза превышало контрольные значения. Этот факт можно расценивать как адаптивную реакцию. Возможно, повышение происходит за счет индукции синтеза металлотионеинов и других белков, участвующих в биотрансформации тяжелых металлов. Изменение активности кислых гидролаз в разных органах мидий под влиянием тяжелых металлов также было неоднозначным. В пищеварительной железе по мере роста концентрации ионов кадмия и меди, как правило, наблюдалось угнетение исследованных ферментов. Указанная закономерность отмечена при экспозиции в течение 1 суток. При выдерживании мидий в растворе солей в течение 3 суток реакция со стороны лизосомальных ферментов была более сложной. В жабрах мидий с ростом концентрации ионов металлов и сроков экспозиции происходило повышение уровня лизосомальных гидролаз. Особенно заметно изменялась активность гликозидаз: в жабрах по мере накопления меди активность глюкозидазы резко возрастала, а галактозидазы угнетались.

Таким образом, накопление тяжелых металлов в органах мидий сопровождалось тканеспецифичными сдвигами метаболизма, зависевшими от концентрации и времени воздействия агента, а также его химической природы.

Работа выполнена при поддержке Программы Президента РФ «Ведущие научные школы РФ» НШ-3731.2010.4, программ ОБН РАН «Биоресурсы 2009–2011» и Президиума РАН «Биоразнообразие 2009–2011».

EFFECT OF HEAVY METAL ACCUMULATION ON SOME ENZYMATIC ACTIVITIES OF THE WHITE SEA MUSSELS *MYTILUS EDULIS*

R.U. Vysotskaya, S.A. Taksheev, V.S. Skidchenko

Institute of biology of Karelian Research Centre RAS, Petrozavodsk, Russia
rimma@bio.krc.karelia.ru

Impact of different concentrations of Cd and Cu salts (chlorides) on biochemical parameters of the blue mussels *Mytilus edulis* L. was studied in model experiment. It was shown, that essential accumulation of the metals in mussels body registered in the experiment, caused tissue-specific changes in the total protein content and activity of lysosomal hydrolases. The biochemical changes observed were different for Cd and Cu and depended on dose and exposure time.

АКТИВНОСТЬ ЛИЗОСОМАЛЬНЫХ ФЕРМЕНТОВ В ОРГАНАХ СИГОВ ИЗ СЕВЕРНЫХ ВОДОЕМОВ С РАЗНОЙ СТЕПЕНЬЮ АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

Р.У. Высоккая, С.А. Такшеев, Д.С. Савосин, О.П. Стерлигова

Учреждение Российской академии наук Институт биологии Карельского научного центра РАН,
г. Петрозаводск rimma@bio.krc.karelia.ru

Состояние водных экосистем отражает общее состояние биосферы, антропогенное воздействие на которую постоянно растет. К настоящему времени в результате многопланового влияния человека трансформированы практически все крупные водные объекты. Среди живых организмов, обитающих в водоемах, рыбы в силу биологических особенностей являются идеальным объектом, позволяющим оценить степень этих трансформаций (Лукьяненко, 1987). По состоянию популяций и организмов рыб можно составить представление о состоянии среды их обитания, о качестве воды, определить степень нагрузки на экосистему. Особый интерес представляют исследования на таких хозяйственно ценных и требователь-

ных к качеству воды рыбах, как лососевые и сиговые. Стенобионтный характер рыб этих семейств обуславливает их быструю реактивность на изменение экологической ситуации в водоеме и делает их хорошими биоиндикаторами (Моисеенко, 1997; Кашулин и др., 1999). Для выявления эффекта различных воздействий на состояние водных экосистем наряду с биологическими и гидрохимическими методами все чаще привлекаются генетические и биохимические исследования. Они позволяют устанавливать ранние эффекты на клеточном и организменном уровне до проявления видимых нарушений на более высоких уровнях биологической иерархии в экосистемах (Патин, 2004). Кроме того, использование биохимических показателей значительно расширяет возможности изучения самих рыб, их устойчивости и адаптивных возможностей при воздействии разнообразных факторов среды. Важная роль в адаптациях на уровне клетки принадлежит лизосомальным ферментам (Высоцкая, Немова, 2008).

Целью настоящей работы было установление естественной изменчивости исследуемых показателей (активность лизосомальных гидролаз, содержание белка) у биоиндикаторного вида из чистых озер и сопоставление с соответствующими данными у рыб из водоемов, загрязняемых промышленными поллютантами. Исследования проводили на сигах *Coregonus lavaretus* L. из чистого, сохранившегося в естественном состоянии и практически не подвергающегося антропогенному влиянию озера Тумасозеро. Водоем характеризуется низкой минерализацией воды – 10 мг/л, значением рН – 6.04, бедной кормовой базой. В озере обитает 9 видов рыб (окунь, плотва, щука, ряпушка, сиг и др.). Сиг представлен одной формой – многотычинковой. Сиг Тумасозера отличается быстрым темпом роста, поздним созреванием и планктонным питанием (Стерлигова и др., 2010). Для биохимических исследований были взяты половозрелые самцы и самки разных возрастных групп (от 4+ до 7+), все 5-ой стадии зрелости гонад.

Результаты исследования показали, что активность кислой фосфатазы в мышцах изученных групп рыб мало отличается. Можно отметить лишь более низкий уровень фермента у самок по сравнению с самцами. Довольно близки показатели по активности РНКазы. Единственное исключение представляет снижение активности данной нуклеазы у самцов возраста 7+. Уровень активности обеих нуклеаз у самок также был ниже по сравнению с самцами. Более заметные различия наблюдались по активности ферментов углеводного обмена. У самцов и самок старших возрастных групп отмечалось повышение активности β -галактозидазы в мышцах. В гонадах самок активность кислой фосфатазы была несколько ниже, чем у самцов. Та же закономерность характерна и для нуклеаз и наиболее выражены различия по активности ДНКазы. Активность всех изученных кислых гидролаз была снижена в гонадах самцов возраста 6+.

Данные по тумасозерскому сигу были сопоставлены с соответствующими показателями сигов из озера Каменное, которое имеет сходные характеристики с Тумасозером, сохранило высокое природное качество воды, по шкале трофности также относится к олиготрофным водоемам. В уловах 2009 года в этом озере отмечены 7 видов рыб (окунь, сиг, плотва, щука, уклея, хариус, ряпушка). Сиг в оз. Каменном представлен малотычинковой формой, половое созревание которого наступает на третьем году жизни. Имеет смешанный тип питания. Для биохимического анализа брали самцов и самок второй стадии зрелости гонад. При сравнении биохимических показателей оказалось, что в мышцах и гонадах самцов тумасозерского сига было более высокое содержание белка, а также более высокая активность кислой фосфатазы. Другие показатели были более низкими, что, на наш взгляд, объясняется влиянием эндогенных факторов.

Активность кислой фосфатазы в мышцах сигов из озера Каменного у самцов и самок, а также в разных возрастных группах (2–4 года и 6 лет) практически не различалась. В печени же, жабрах и почках самок уровень этого фермента был более высокий, чем у самцов. Активность β -глюкозидазы в старшей возрастной группе самцов была значительно выше в печени и жабрах.

Самыми заметными были отличия по уровню активности ферментов в органах сигов из загрязняемого отходами горно-перерабатывающей промышленности оз. Ковдор. При этом интересно отметить, что показатели активности кислой фосфатазы в печени, почках и жабрах сигов из условно чистого озера Пиренга, служившего контрольным водоемом в этих исследованиях, была выше, чем у сигов из оз. Каменное. Это может свидетельствовать о значительно большем аэротехногенном загрязнении Пиренги по сравнению с озером Каменным и Тумасозером.

Таким образом, полученные данные позволяют сделать вывод о том, что промышленные поллютанты оказывают более сильное воздействие на активность лизосомальных гидролаз по сравнению с естественными эндогенными и экзогенными факторами. Тем не менее, при проведении на-

турных исследований с использованием биохимических методов для мониторинга и индикации водных экосистем, изучении степени антропогенного воздействия на них, следует более строго подходить к подбору «контрольных вариантов», учитывая многофакторность и опосредованность ответных биологических реакций.

Работа выполнена при поддержке Программы Президента РФ «Ведущие научные школы РФ» НШ-3731.2010.4, программ ОБН РАН «Биоресурсы 2009–2011» и Президиума РАН «Биоразнообразие 2009–2011».

LYSOSOMAL ENZYME ACTIVITY IN WHITE FISH TISSUES FROM NORTH-WEST RUSSIA WATER BASINS WITH DIFFERENT LEVEL OF POLLUTION IMPACT

R.U. Vysotskaya, S.A. Taksheev, D.S. Savosin, O.P. Sterligova

Institute of biology of Karelian Research Centre RAS, Petrozavodsk, Russia
rimma@bio.krc.karelia.ru

Comparative study of lysosomal enzymes activity in white fish (*Coregonus lavaretus* L.) tissues from intact and polluted by mining factories water basins of North-West Russia was performed.

ВЫРАЩИВАНИЕ ТРИПЛОИДНОЙ ТИХООКЕАНСКОЙ УСТРИЦЫ *CRASSOSTREA GIGAS* В ЧЕРНОМ МОРЕ

О.Ю. Вялова

Институт биологии южных морей им. А.О.Ковалевского НАН Украины, Севастополь, Украина
voksa@optima.com.ua

Триплоидные формы различных видов рыб и моллюсков широко используются в качестве объектов культивирования во всем мире. Накоплен большой опыт промышленного выращивания таких двустворчатых моллюсков как тихоокеанская устрица *Crassostrea gigas*, восточная устрица *C. virginica*, сиднейская скальная устрица *Saccostrea glomerata* (или *S. commercialis*), европейская плоская устрица *Ostrea edulis*, морское ушко *Haliotis laevis* и *H. rubra*, кламс *Tapes dorsatus*, гребешок *Argopecten irradians* (Tabarini C.L., 1984; Nell J.A et al., 1994; Nell J.A., 2002; Liu W. et al., 2006; Guo X., 2009).

Организмы, обладающие дополнительным набором хромосом, обладают рядом преимуществ по сравнению с диплоидными формами. Они характеризуются высокими скоростями линейного и весового роста, степенью выживаемости, устойчивостью к различным заболеваниям и неблагоприятным внешним факторам. Все это делает триплоидов привлекательными объектами для коммерческого выращивания (Nell J.A., 2002).

Тихоокеанская гигантская устрица *Crassostrea gigas* является самым распространенным видом морской конхиокультуры, объемы ее выращивания достигают 60% от общей численности всех культивируемых моллюсков (по данным ФАО за 2007г.). В Черное море этот вид был впервые интродуцирован в 80–90-х гг. (Орленко А.Н., 1994, 2008; Холодов В.И. и др., 2000). Тихоокеанская устрица хорошо адаптировалась к новым условиям обитания и стала, наряду с черноморской мидией, одним из самых перспективных видов марикультуры (Золотницкий А.П., Монахова О.Б., 1992; Золотницкий А.П., Орленко А.Н., 1999). Однако в силу различных причин того времени устрицеводство на Черном море так и не получило своего успешного развития.

Начиная с 2005г., Институтом биологии южных морей НАН Украины совместно с компанией ООО «Яхонт ЛТД» реализуется проект по промышленному выращиванию черноморской мидии *Mytilus galloprovincialis* и тихоокеанской устрицы *C. gigas* в акватории Голубого Залива (пгт. Качивели, Южный берег Крыма). Морская ферма типа long-line занимает площадь 5га, выращивание моллюсков осуществляется в подвесной культуре. Посадочный материал – спат диплоидных и триплоидных устриц – импортируется из специализированных питомников Англии и Франции, расположенных на Атлантическом побережье.