

влияние одного реагента. В реальных условиях, когда на водные организмы воздействует целый комплекс веществ, входящих в буровые растворы, их токсичность значительно возрастает.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов Президента РФ для ведущих научных школ НШ- 4310.2006.4, НШ-306.2008.4 и Программы ОБН РАН «Фундаментальные основы управления биологическими ресурсами» (2006–2008 гг.).

Литература

Балаба В.И. 2004. Обеспечение экологической безопасности строительства скважин на море // Бурение и нефть. № 1. С. 18–21.

Высоцкая Р.У., Немова Н.Н. 2008. Лизосомы и лизосомальные ферменты рыб. М.: Наука. 284 с.

Высоцкая Р.У., Амелина В.С., Ломаева Т.А., Шустова Н.К. 2005. Изучение влияния компонентов буровых растворов на активность ферментов беломорских мидий (*Mytilus edulis* L.) // Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского Севера. IV (XXVII) междунар. конф. Сб. материалов. Ч. 1. Вологда: ВГПУ. С. 94–95.

Джабаров М.И. 1988. Токсикологическая оценка действия реагента карбоксиметилцеллюлозы на молодь белуги // V Всесоюзн. конф. по водной токсикологии (Одесса, 1988). Тез. докл. М.: ВНИРО. С. 112–113.

Дохолян В.К., Ахмедова Т.П., Коваленко Л.Д., Магомедов А.К., Шлейфер Г.С. 1988. Реакция рыб на присутствие в среде некоторых компонентов буровых растворов // Первая Всесоюзная конференция по рыбохозяйственной токсикологии (Юрмала, 1988). Тез. докл. Ч. 1. Рига: Госагропром Латв. ССР. С. 125–126.

Козак Н.В., Проценко Ю.Б., Шпарковский И.А. 1988. Поведенческие реакции рыб при действии буровых растворов и их компонентов // Там же. С. 199–200.

Научно-методические подходы к оценке воздействия нефтегазодобычи на экосистемы морей Арктики (на примере Штокмановского проекта). 1997. / Ред. Г.Г. Матишов. Апатиты: Изд. КНЦ РАН. 393 с.

Немова Н.Н., Высоцкая Р.У. 2004. Биохимическая индикация состояния рыб. М.: Наука. 216 с.

Рипатти П.О., Феклов Ю.А., Руоколайнен Т.Р., Маркова Л.В., Нефедова З.А., Тойвонен Л.В., Зекина Л.М. 2003. Липиды печени и мышц камбалы *Platichthys flesus* L. при воздействии компонентов буровых растворов в аквариальных опытах // Современные проблемы физиологии и экологии морских животных. Сб. науч. трудов. Апатиты: ММБИ КНЦ РАН. С. 157–168.

Рыбина Г.Е. 2004. Токсичность буровых шламов разного состава нефтепромыслов Западной Сибири для пресноводных гидробионтов: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Борок: Тюменская гос. сельскохозяйственная академия. 21 с.

Савинов В.М., Бобров Ю.А. 1988. Комбинированное действие феррумхромлигносульфоната (ФХЛС) и ДДТ на первичную продукцию фитопланктона Баренцева моря // V Всесоюзн. конф. по водной токсикологии (Одесса, 1988). Тез. докл. М.: ВНИРО. С. 167–168.

Сидоров В.С., Немова Н.Н., Высоцкая Р.У., Феклов Ю.А. 2002. Использование интегрального биохимического индекса при определении предельно допустимых концентраций промышленных токсикантов // Прикладная биохимия и микробиология. Т. 38, № 3. С. 345–350.

Шпарковский И.А., Муравейко В.М., Чинарина А.Д., Таскина Е.В. 2003. Хемосенсорные системы рыб и биоиндикация качества водной среды // Современные проблемы физиологии и экологии морских животных. Сб. науч. трудов. Апатиты: ММБИ КНЦ РАН. С. 62–70.

Юрцева А.О., Лайус Д.Л., Артамонова В.С., Махров А.А., Студенов И.И., Титов С.Ф. 2005. Влияние условий рыбоводных заводов на стабильность развития атлантического лосося из природных популяций рек бассейна Белого моря // Проблемы изучения, рационального использования и охраны ресурсов Белого моря. Петрозаводск: Издательский дом ПИН. С. 349–353.

Steinhauer M., Crecelius E., Steinhauer W. 1994. TEMPORAL and spatial changes in the concentrations of hydrocarbons and trace metals in the vicinity of an offshore oil-production platform // MAR. Environ. Res. Vol. 37, no. 2. P. 129–163.

ВЛИЯНИЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ НА АКТИВНОСТЬ ЛИЗОСОМАЛЬНЫХ ФЕРМЕНТОВ МИДИЙ В АКВАРИАЛЬНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАХ

Р.У. Высоцкая, В.С. Амелина, И.Н. Бахмет

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

Нефть и продукты ее переработки наряду с тяжелыми металлами и пестицидами являются одними из самых распространенных загрязняющих гидросферу веществ (Патин, 2001). Увеличение

масштабов загрязнения Мирового океана нефтепродуктами и его последствия вызывают обеспокоенность экологов и других специалистов, связанных с охраной природы и рациональным использованием ресурсов (Яблоков, Остроумов, 1985). Негативное воздействие нефтяного загрязнения на биоту прослеживается на всех звеньях пресноводных и морских экосистем (Михайлова, 2005). Наибольшую опасность для живого представляют водорастворимые фракции нефти, содержащие ароматические углеводороды, которые обладают токсическим, тератогенным и мутагенным действием. Многие из нефтепродуктов могут накапливаться, удерживаться, метаболизироваться в организмах гидробионтов и передаваться по пищевым цепям (Проблемы химического загрязнения..., 1985). Кроме прямого воздействия на микроорганизмы, растительность, беспозвоночных, рыб и других водных животных эти токсиканты оказывают влияние на процессы гамето- и эмбриогенеза, развитие личинок и молоди рыб (Павлов и др., 1994; Акимова, Рубан, 1996; Коваленко, 2004; Давыдова, Черкашин, 2007).

Проблема антропогенного загрязнения водных объектов, в том числе углеводородами, актуальна и для бассейна Белого моря (Богдан, Шкляревич, 2008). Это связано с активной экономической жизнью и намечающимся освоением новых месторождений в данном регионе. Для оценки экологической ситуации в водоемах широко используются различные системы мониторинга и тестирования, включающие наряду с другими биохимические методы (Немова, Высоцкая, 2004; Мензорова, Рассказов, 2007; Aas et al., 2000; Willett, 2000; Teraoka et al., 2003). Физиолого-биохимические механизмы устойчивости представителей беломорской биоты к возрастающим антропогенным нагрузкам изучены недостаточно. В связи с вышесказанным в последние годы этим аспектам стали уделять больше внимания при проведении комплексных исследований в натурных и лабораторных условиях.

В задачу исследования входило изучение влияния нефтепродуктов на активность ферментов мидии *Mytilus edulis* L. – типичного представителя макрозообентоса Беломорского побережья. Эксперименты проводили на ББС ЗИН РАН «Картеш». Плотовых мидий, предварительно акклиматизированных к лабораторным условиям, помещали в аквариумы с морской водой. В качестве действующего нефтепродукта использовали дизельное топливо, которое разводили водой в соотношении 1:9. В опытные аквариумы вносили 15, 50, 100 и 0 мл смеси. Учитывая высокую поглощающую способность морской воды, аквариум с мидиями, которые служили истинным контролем, содержали в отдельной изотермической комнате. Экспозиция составляла 6 суток. Для исключения асфиксии из-за образования нефтяной пленки вода в аквариумах аэрировалась. На биохимический анализ брали сборные пробы ноги, дистального (краевого) и проксимального отделов мантии моллюсков. Приготовление гомогенатов и определение активности лизосомальных ферментов (РНКаза, ДНКаза, β -галактозидаза, β -глюкозидаза, кислой фосфатазы) и альдолазы проводили по методикам, принятым в лаборатории (Высоцкая, Немова, 2008).

Результаты исследований показали, что активность ферментов в исследованных тканях мидий существенно изменялась в зависимости от дозы дизельного топлива (рис. 1, 2). Активность обеих нуклеаз наиболее заметно повышалась в мантии при концентрации нефтепродуктов 0.1 мл/л. В ноге активность ДНКазы была снижена. Выявленные сдвиги в активности нуклеаз могут быть расценены как адаптация к повышенному содержанию нефтепродуктов в среде обитания. Мидии являются мощными фильтраторами (Миронов и др., 1985). Пропуская через себя большую массу воды с нефтепродуктами, они накапливают последние и частично их метаболизируют. Для биосинтеза ферментов, участвующих в утилизации и биотрансформации накопленных нефтепродуктов, необходимо перераспределение внутриклеточных ресурсов. Повышенный уровень РНКаза свидетельствует об активных биосинтетических процессах. Подтверждением этой точки зрения являются данные о том, что у моллюсков под влиянием низких концентраций нефти наблюдается усиленный синтез РНК (Проблемы химического загрязнения..., 1985).

Обращает на себя внимание резкое повышение активности кислой фосфатазы в краевой части мантии во всех вариантах опыта, в ноге оно значительно менее выражено, а при большой концентрации нефтепродуктов отмечено ее снижение. Возможно, это объясняется синтезом большого числа лизосом с набором ферментов, участвующих в превращениях поглощенных нефтепродуктов. Известно, что захваченные чужеродные вещества попадают в лизосомы и там подвергаются деструкции. Наиболее активно эти процессы происходят в краевой части мантии. В мышечной ткани ноги указанная лизосомальная реакция выражена слабо. С другой стороны, максимальное повышение ак-

тивности лизосомальной глюкозидазы под влиянием нефтепродуктов происходило именно в ноге моллюсков. Активность этого фермента в мантии изменялась мало, а при высокой концентрации дизельного топлива даже снижалась. Объяснение данным фактам можно найти в особенностях энергетического обмена мидий в условиях гипоксии, которая развивается под воздействием нефтепродуктов (Головина, Бочко, 2005; Zwaan, Eertman, 1996). В отличие от рыб у моллюсков под влиянием токсикантов наблюдалось снижение активности цитоплазматической альдолазы в дистальной и проксимальной части мантии, небольшое повышение его при малых концентрациях нефтепродуктов и снижение при высокой дозе токсиканта. Переход на анаэробные пути обеспечения энергией у мидий включает в работу неспецифические гликозидазы, обеспечивающие повышенным количеством необходимых субстратов.

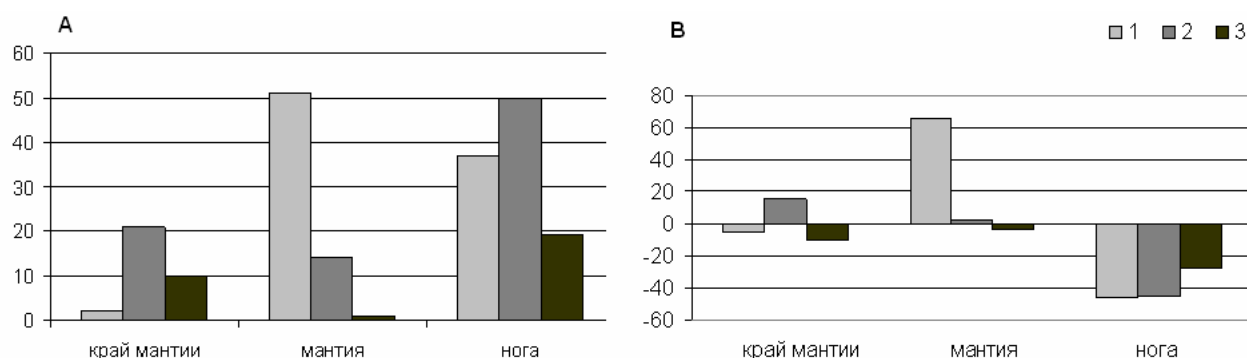


Рис 1. Изменение активности лизосомальных РНКазы (А) и ДНКазы (В) в тканях мидии *Mytilus edulis* L. под воздействие различных концентраций дизельного топлива, % к контролю. Концентрации: 1 – 0.1 мл/л; 2 – 0.3 мл/л; 3 – 1.0 мл/л дизельного топлива.

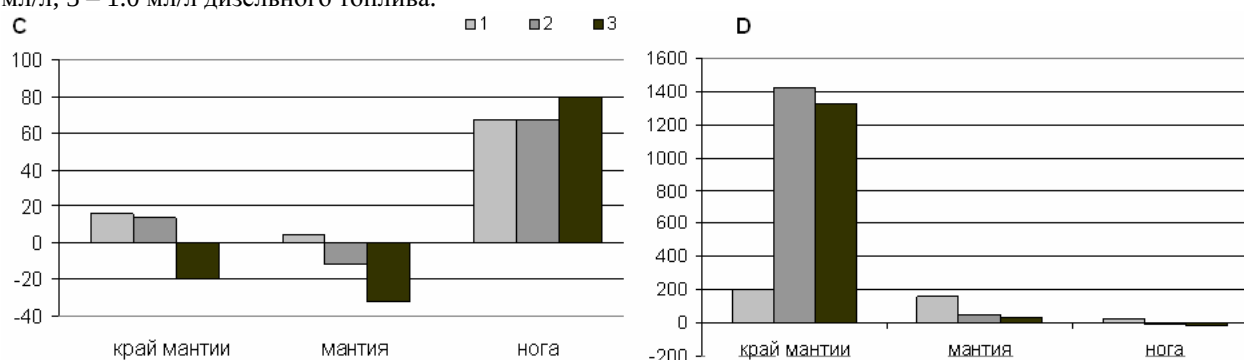


Рис 2. Изменение активности β-глюкозидазы (С) и кислой фосфатазы (D) в тканях мидии *Mytilus edulis* L. под воздействие различных концентраций дизельного топлива, % к контролю. Обозначения как на рис. 1.

Таким образом, в результате исследований установлено, что под влиянием дизельного топлива в организме мидий происходят адаптивные сдвиги активности лизосомальных ферментов, направленные на утилизацию и биотрансформацию нефтепродукта, а также обеспечение процессов жизнедеятельности в токсичной среде. Изменение активности ферментов зависело от дозы испытуемого вещества и специфики выполняемой органом моллюска функции.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов Президента РФ для ведущих научных школ НШ- 4310.2006.4, НШ-306.2008.4 и Программы ОБН РАН «Фундаментальные основы управления биологическими ресурсами» (2006–2008 гг.).

Литература

- Акимова Н.В., Рубан Г.И. 1996. Систематизация нарушений воспроизводства осетровых (Acipenseridae) при антропогенном воздействии // Вопросы ихтиологии. Т. 36, № 1. С. 65–80.
- Богдан В.В., Шкляревич Г.А. 2008. Оценка состояния прибрежных экосистем Белого моря по эколого-биологическим и биохимическим показателям у амфипод // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. № 1. С. 61–73.
- Высоцкая Р.У., Немова Н.Н. 2008. Лизосомы и лизосомальные ферменты рыб. М.: Наука. 284 с.

Головина И.В., Бочко О.Ю. 2005. Влияние полихлорбифенилов на активность ферментов в тканях мидий *Mytilus galloprovincialis* // Современные проблемы физиологии и биохимии водных организмов. Петрозаводск: КарНЦ РАН. С.45–48.

Давыдова С.В., Черкашин С.А. 2007. Ихтиопланктон Восточного шельфа острова Сахалин и его использование как индикатора состояния среды // Вопросы ихтиологии. Т. 47, № 4. С. 494–505.

Коваленко В.Ф. 2004. Влияние нефтепродуктов на газообмен у сеголеток карпа // Гидробиол. журнал. Т. 40, № 5. С. 65–70.

Мензорова Н.И., Рассказов В.А. 2007. Использование различных тест-систем и биохимической индикации для мониторинга экологического состояния бухты Троицы (Японское море) // Биология моря. Т. 33, № 2. С. 144–149.

Миронов О.Г., Миловидова Н.Ю., Щекатурина Т.Л. 1985. Некоторые особенности устойчивости черноморских мидий к углеводородному загрязнению // Экспериментальная водная токсикология. Вып. 10. Рига: Зинатне. С. 84–87.

Михайлова Л.В. 2005. Регламентация нефти в донных отложениях (ДО) пресноводных водоемов // Современные проблемы водной токсикологии. Тез. докл. Междунар. конф Борок: ИБВВ РАН. С. 97–98.

Немова Н.Н., Высоцкая Р.У. 2004. Биохимическая индикация состояния рыб. М.: Наука. 216 с.

Павлов Д.С., Савваитова К.А., Соколов Л.И., Алексеев С.С. 1994. Редкие и исчезающие животные. Рыбы. М.: Высшая шк. 334 с.

Патин С.А. 2001. Нефть и экология континентального шельфа. М.: Изд-во ВНИРО. 247 с.

Проблемы химического загрязнения вод Мирового океана. Т. 4. Влияние нефти и нефтепродуктов на морские организмы и их сообщества. 1985. / Под ред. О.Г. Миронова. Л.: Гидрометеоиздат. 136 с.

Яблоков А.Я., Остроумов С.А. 1985. Уровни охраны живой природы. Л.: Наука. 176 с.

Aas E., Baussant T., Liewenborg B., Andersen O.K. 2000. PAH metabolites in bile, cytochrome P4501A and DNA adducts as environmental risk parameters for chronic oil exposure: a laboratory experimental with Atlantic cod // Aquat. Toxicol. Vol. 51, no. 2. P. 241–258.

Teraoka H., Dong W., Tsujimoto Y., Iwasa H., Endoh D., Ueno N., Stegeman J.J., Peterson R.E., Hiraga T. 2003. Induction of cytochrome P-450 1A is regulated for circulation failure and edema by 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin in zebrafish // Biophys. Res. Commun. Vjl. 304, no. 2. P. 223–228.

Willett K.L. 2000. Evidence for and against the presence of polynuclear aromatic hydrocarbon and 2,3,7,8-tetrachloro-p-dioxin binding proteins in the marine mussels, *Bathymodiolus* and *Modiolus modiolus* // Aquat. Toxicol. Vol. 48. P. 51–64.

Zwaan A., Eeterman R.H.M. 1996. Anoxic or aerial survival of Bivalves and other euryoxic Invertebrates as a useful response to environmental stress // Comp. Biochem. Physiol. Vol. 113 C, no. 2. P. 299–312.

СЕЗОННО-ОБУСЛОВЛЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ТРАНСМИССИИ ПАРАЗИТОВ В ПРИБРЕЖЬЕ БЕЛОГО МОРЯ

К.В. Галактионов¹, К.Е. Николаев¹, В.В. Прокофьев², И.А. Левакин¹

¹ Учреждение Российской академии наук Зоологический институт РАН,
г. Санкт-Петербург, Россия

² Псковский государственный педагогический университет, г. Псков
e-mail: kirill.galaktionov@gmail.com

Прибрежье Белого моря подвержено резким сезонным изменениям параметров среды (Бергер, 2008). Это сказывается на всех компонентах прибрежных экосистем, не исключая и паразитов, которые используют связанных с морским побережьем животных в качестве хозяев. На Белом море самые массовые паразиты – это трематоды, жизненные циклы которых проходят со сменой нескольких промежуточных и окончательного хозяев. Роль первого промежуточного хозяина всегда играют моллюски, второго – многие виды беспозвоночных и рыб, а окончательного – морские птицы, рыбы и млекопитающие.

На протяжении последних 10-ти лет на Беломорской биологической станции Зоологического института РАН (губа Чупа Кандалакшского залива Белого моря) исследуются сезонные и межгодовые изменения в зараженности трематодами популяций литоральных моллюсков (первых и вторых промежуточных хозяев) и экспериментально изучаются особенности биологии свободноживущих стадий этих паразитов – церкарий. Основное внимание уделяется моллюскам *Hydrobia* spp., *Littorina* spp., с которыми на Белом море связаны своими жизненными циклами более 20 видов трематод, использующих их в качестве первых промежуточных хозяев (Galaktionov, 2001). Наши ис-