

Проблемы изучения, рационального использования и охраны ресурсов Белого моря.
Материалы IX международной конференции
11-14 октября 2004 г., Петрозаводск, Карелия, Россия
Петрозаводск, 2005. С. 31-34.

БИОХИМИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ УСТОЙЧИВОСТИ РЫБ СЕВЕРНЫХ ВОДОЕМОВ К КОМПЛЕКСНЫМ ЗАГРЯЗНЕНИЯМ

В.С. АМЕЛИНА, Д.Н. МОРОЗОВ, Р.У. ВЫСОЦКАЯ

Институт биологии Карельского научного центра РАН, Петрозаводск

Изучали влияние комплексного загрязнения воды на лизосомальные нуклеазы в различных органах наваги *Eleginus navaga* Pallas, выловленной из разных зон Белого моря. Полученные данные отражают высокий уровень адаптивных возможностей данного вида. Сравнение результатов исследования за 2001 и 2003 годы свидетельствует об улучшении экологической ситуации в устье р. Кемь.

V. S. Amelina, D. N. Morozov, R. U. Vysotskaya. **Biochemical resistance mechanisms of northern reservoirs fishes to complex pollution** // The study, sustainable use and conservation of natural resources of the White Sea. Proceedings of the IXth International Conference, October, 11-14, 2004. Petrozavodsk, Karelia, Russia. Petrozavodsk, 2005. P. 31-34.

The impact of complex water pollution on lysosomal nucleases in different organs of navaga *Eleginus navaga* Pallas caught in two regions of the Wight Sea was studied. The data obtained reflect high adaptive level of this species. Comparison of the results obtained in 2001 and 2003 provides obvious evidence to the improvement of ecological situation in estuarine zone of Kem river.

Водные экосистемы севера в наши дни испытывают колоссальное антропогенное воздействие. Максимальная техногенная нагрузка приходится на прибрежные акватории и эстуарии крупных рек. Особенную остроту эта проблема приобретает в связи с тем, что эти зоны характеризуются благоприятным гидрологическим режимом и являются местом обитания значительной части морской биоты (Наумов, Оленев, 1981). Среди абиотических факторов, действующих на гидробионтов северных широт, наибольшее значение придается загрязнению солями тяжелых металлов, в большом количестве содержащихся в промышленных стоках, бытовыми стоками, различными нефтяными фракциями, радионуклидами и т.д. (Лукьяненко, 1987; Лукин и др., 1998; Регеранд, 1995).

История изучения вопроса о влиянии различных загрязнителей на водные организмы насчитывает не один десяток лет. Однако львиную долю таких исследований составляют аквариальные эксперименты по влиянию отдельных ксенобиотиков, тогда как приспособительные реакции и пределы адаптивных возможностей организмов в естественных условиях могут значительно отличаться от данных, полученных в «чистых» экспериментах.

В связи с этим, целью нашей работы стало изучение механизмов адаптации рыб на биохимическом уровне к совместному влиянию биотических и абиотических факторов среды, а именно: комплексного загрязнения воды на фоне пониженной солености.

Материал и методы исследования

Объектом исследования являлась навага *Eleginus navaga* Pallas, отловленная в различных районах Белого моря – в открытой части моря и в устье реки Кемь, отличающихся по гидрологическим характеристикам и степени загрязнения (Наумов, Оленев, 1981). Устье реки характеризуется пониженной соленостью, кроме того, речная вода несет большое количество ксенобиотиков различной природы: биогенные вещества, тяжелые металлы, нефтяные углеводороды и т.д., содержащиеся в бытовых и промышленных стоках прибрежных населенных пунктов (Скибинский, 2001). Градиент плотности, возникающий на границе смешения пресной воды с морской, служит естественным барьером распространения растворенных веществ, вследствие чего, они аккумулируются в эстуарии реки. Контролем служили особи из открытого моря. Исследования проводились в 2001 и 2003 г.

Материал для анализа доставлялся в замороженном виде. Навески тканей для определения активности ферментов гомогенизировали в 0,25 М растворе сахарозы с добавлением Тритона X-100 для учета мембранно-связанной активности лизосомальных гидролаз. Активность нуклеаз определяли спектрофотометрически по методам, описанным ранее (Высоцкая и др., 1993). Активность нуклеаз выражали в условных единицах ΔE_{260} на 1 г ткани в 1 мин при 30 °С.

Полученные данные обрабатывались общепринятыми методами статистики (Ивантер, Коросов, 1992). Различие между сравниваемыми группами считали достоверными при $p < 0,05$.

Результаты исследования

Результаты анализа активности ферментов показаны на рисунках 1–3. Показано, что распределение активности лизосомальных ферментов по органам (мышцы < жабры < гонады ≤ печень) сохраняется постоянным и не зависит ни от пола, ни от места обитания. В целом, по результатам исследования 2003 г. уровень активности кислых нуклеаз у рыб из устья реки Кемь практически не отличался от контрольного. Наибольшие различия активности РНКазы

отмечены в гонадах. В 2001 г. наблюдалась тенденция к снижению активности нуклеаз в тканях наваги из эстуарной зоны (Высоцкая и др., 2003).

Интересные результаты получены при сопоставлении с данными по годам. Так, выявлены достоверные отличия активности ДНКазы у особей, обитающих в дельте реки Кемь, притом, что активность ферментов в контрольных группах оставалась без изменений. Максимальные отклонения отмечены в жабрах.

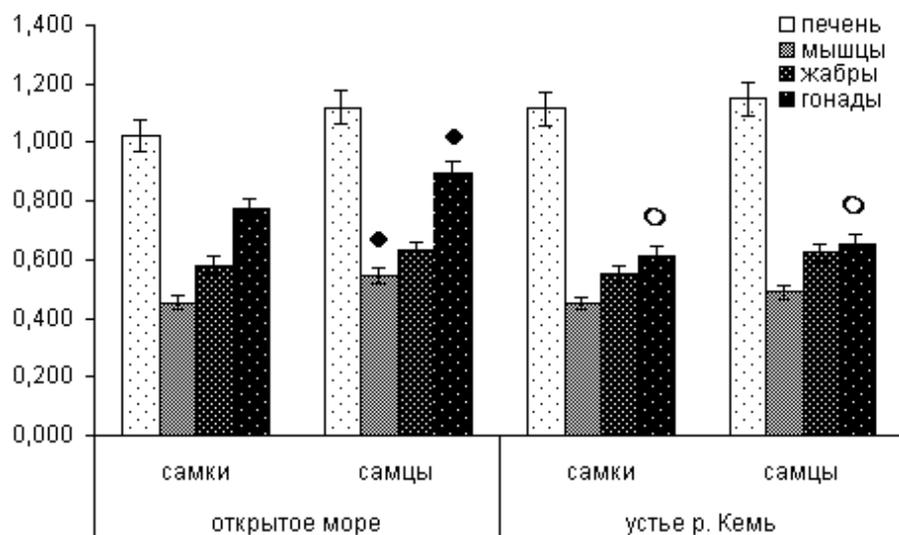


Рис. 1. Активность кислой РНКазы (ΔE_{260} / г тк. / мин) в органах наваги из различных акваторий Белого моря (2003 г.)

Здесь и далее: \blacklozenge - отличие показателей самцов от самок той же акватории достоверно; \circ - отличие особей из устья р. Кемь достоверно по сравнению с особями из открытого моря; \times - отличие данных 2001 г. достоверно по сравнению с 2003 г.

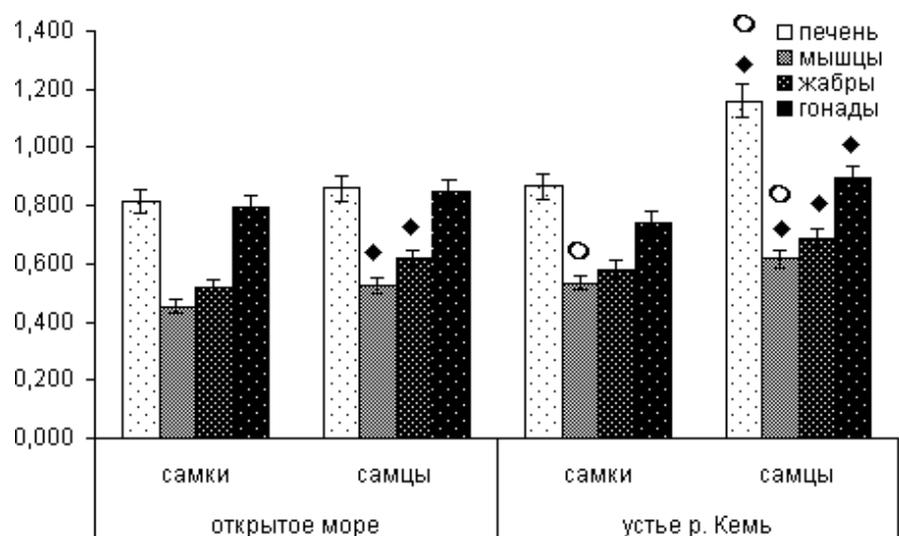


Рис. 2. Активность кислой ДНКазы (ΔE_{260} / г тк. / мин) в органах наваги из различных акваторий Белого моря (2003 г.)

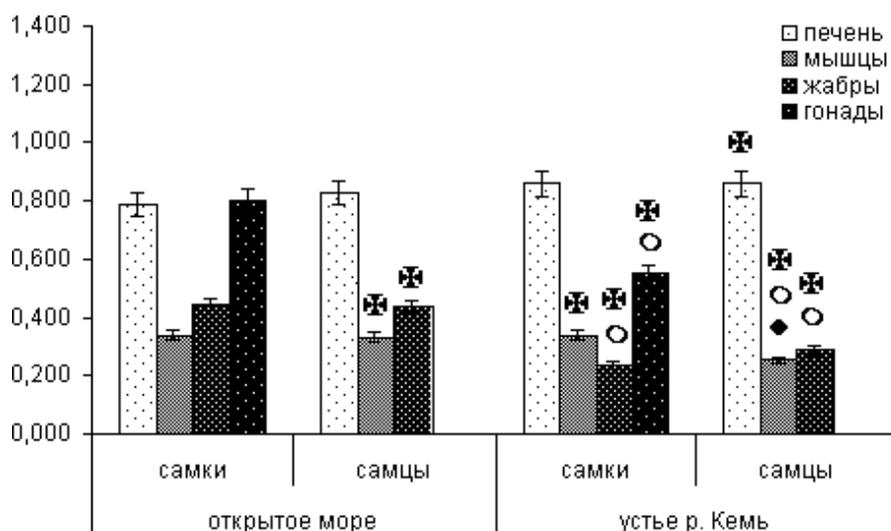


Рис. 3. Активность кислой ДНКазы (ΔE_{260} / г тк. / мин) в органах наваги из различных акваторий Белого моря (2001 г.)

Обсуждение

В целом, успешность адаптации популяции к тому или иному воздействию можно оценить по способности особей существовать в измененной среде с сохранением уровня жизнедеятельности и поддержанием гомеостаза основных функций организма, свойственных данному виду в обычных условиях (Слоним, 1971). В связи с этим, стабильность исследуемых параметров, наблюдавшаяся в нашем исследовании в 2003 г., позволяет констатировать отсутствие патологических процессов в анализируемых тканях, а также, свидетельствует об исключительно высоких адаптивных возможностях рыб, обитающих в устье реки Кемь, и подверженных круглогодичному влиянию комплексного загрязнения воды на фоне пониженной солености.

Как известно, навага, являясь совершенным осморегулятором, имеет ряд механизмов, позволяющих этому виду поддерживать нормальный метаболический статус при значительных колебаниях солености. Основу таких приспособлений на клеточном уровне составляют два важнейших процесса: модуляция проницаемости мембран (Наточин, Бергер, 1979; Регеранд, 1995; Marigomes, Baybay-Villasorta, 2003) и специфические перестройки биосинтезов, связанных с изменениями концентраций и типов синтезируемых продуктов (преимущественно белков) за счет избирательной репрессии – депрессии клеточного генома (Бергер, Харазова, 1971; Хлебович, 1981). Активация любого из указанных процессов неизбежно сказывается на состоянии лизосом, однако в нашем случае этого не происходит. Отсутствие значимых изменений активности лизосомальных нуклеаз позволяет предположить, что в данном исследовании мы наблюдаем результат длительного процесса адаптации эстуарной популяции наваги, при котором в дифференциальную актив-

ность генома все необходимые «корректировки» уже внесены.

Помимо этого, рыбы из речного устья, по всей видимости, обладают также повышенной толерантностью к комплексному загрязнению акватории, о чем свидетельствует нормальный уровень активности кислых нуклеаз в печени и жабрах – органах, осуществляющих детоксикацию ксенобиотиков (Кулинский, 1999). Однако, понижение активности лизосомальной РНКазы в гонадах представителей обоих полов из дельты сигнализирует о наличии некоторого стресса, превышающего порог чувствительности лизосом репродуктивной системы, которая, по видимому, характеризуется повышенной уязвимостью к неблагоприятным воздействиям по сравнению с другими органами.

Сравнение данных 2001 и 2003 годов выявляет позитивную динамику исследуемых параметров. Это может быть следствием изменения экологической ситуации в акватории устья реки Кемь, заключающегося либо в снижении общего уровня загрязнения, либо в сокращении в стоках реки доли токсиантов, являющихся специфическими ингибиторами активности нуклеаз, в частности, тяжелых металлов, некоторых органических соединений (Керова и др., 1974; Дмитриева и др., 2002; Zou et al., 2001). С другой стороны, наблюдаемая нормализация состояния рыб может отражать прогрессирующее повышение толерантности эстуарной популяции наваги к комплексному влиянию биотических и антропогенных факторов.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ НШ-894.2003.4 и программы ОБН РАН «Фундаментальные основы управления биологическими ресурсами» № 10002-251/ОБН-02/151-433.220503-181.

Литература

- Бергер В.Я., Харазова А.Д. 1971. Исследование субстанциональных изменений и синтеза белка в процессе адаптации некоторых беломорских моллюсков к понижению солености среды // Цитология. Т. 13, № 10. С. 1299–1303.
- Высоцкая Р.У., Шустова Н.К., Заличева И.Н. 1993. Изменение активности лизосомальных ферментов у личинок онежской палии и радужной форели под влиянием токсикантов // В. кн.: Биохимические методы в экологических и токсикологических исследованиях. Петрозаводск: Кар НЦ РАН. С. 63–73.
- Высоцкая Р.У., Крупнова М.Ю., Кяйвяряйнен Е.И., Немова Н.Н., Морозов Д.Н., Такшеев С.А. 2003. Влияние экологических условий на активность гидролитических ферментов наваги и трески Белого моря // Междунар. научн. семинар «Современные проблемы физиологии и экологии морских животных». Сб. тр. Апатиты. С. 299–305.
- Дмитриева А.Г., Кожанова О.Н., Дронина Н.Г. 2002. Физиология растительных организмов и роль металлов. М.: МГУ. 146 с.
- Ивантер Э.В., Коросов А.В. 1992. Основы Биометрии. ПетрГУ: Петрозаводск. 90 с.
- Керова Н.И., Пухова Г.Г., Чеботарев Е.Е. 1974. Естественные ингибиторы нуклеаз. Киев: Наукова думка. 141 с.
- Кулинский В.И. 1999. Обезвреживание ксенобиотиков // Сорос. образ. ж. № 1. С. 8–12.
- Лукьяненко В.И. 1987. Экологические аспекты ихтиотоксикологии. М.: Агропромиздат. 240 с.
- Лукин А.А., Даувальтер В.А., Кацулин Н.А., Раткин Н.Е. 1998. Влияние аэротехногенного загрязнения на водосборный бассейн озер Субарктики и рыб // Экология. №2. С. 109–115.
- Наточин Ю.В., Бергер В.Я. 1979. Ионный состав клеток моллюсков – эволюционный и экологический аспекты // Журн. эвол. биохимии и физиологии. Т. 15, № 3. С. 295–306.
- Наумов А.Д., Оленев А.В. 1981. Зоологические экскурсии на Белом море: Пособие для летней учебной практики по зоологии беспозвоночных. Л.: Изд-во Ленингр. Ун-та. 176 с.
- Регеранд Т.И. 1995. Изменение липидного обмена некоторых представителей зообентоса реки Кенти под влиянием фильтрационных вод // В кн.: Влияние техногенных вод горно-обогатительного комбината на водоемы системы реки Кенти. Петрозаводск: КарНЦ РАН. С. 25–33.
- Скибинский Л.Э. 2001. Роль геохимических барьеров в переносе и накоплении загрязняющих веществ в устьевых и прибрежных биотопах Белого моря // VIII регион. научно-практ. конф. «Проблемы изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря». Тез. докл. Архангельск. С. 51–52.
- Слоним А.Д. Экологическая физиология животных. М.: Высшая школа. 448 с.
- Хлебович В.В. 1981. Акклимация животных организмов. Л.: Наука. 136 с.
- Marigomes I., Baybay-Villacorta L. 2003. Pollutant-specific and general lysosomal response in digestive cells of mussels exposed to model organic chemicals // Aquat. Toxicol. V. 64. P. 235–257.
- Zou G., Gao Ch., Pi X. 2001. Kinetic studies of the irreversible inhibition restriction endonuclease Pst I by site-specific inhibitors // Wuhan Univ. J. Natur. Sci. V. 6. №4. P. 859–863.