

Каталог озер и рек Карелии / Под ред. Н.Н. Филатова и А.В. Литвиненко. 2001. Петрозаводск: Изд-во КНЦ РАН. 290 с.

Кожин Н.И. 1927. Материалы к познанию Онежского рыболовства. Рыбные промыслы нижнего течения р. Суны // Тр. Бородинской биол. ст. Т. 5. С. 225—440.

Крупень И.М., Рыжков Л.П. 2007. Оценка популяции ряпушки озера Пертозеро // Исследования по ихтиологии и смежным дисциплинам на внутренних водоемах в начале XXI века (к 80-летию профессора Л.А. Кудерского) / Под общ. ред. Д.И. Иванова. Сборник научных трудов. Вып. 337. СПб. М.: Товарищество научных изданий КМК. С. 418—424.

Кудерский Л.А., Лотарев В.А. 1964. Нахождение онежской рогатки (*Myoxocephalus quadricornis onegensis* Berg et Popov) в небольшом озере Онего-Сегозерского перешейка // Рыбн. хоз. Карелии. Вып. 8. Петрозаводск. С. 210—214.

Правдин И.Ф. 1946. Сиги водоемов Карело-Финской ССР. Петрозаводск: Гос. изд-во КФСР. 108 с.

Пушкарев Н.Н. 1913. Рыболовство в устье р. Суны // Вестн. рыбопром. № 9. С. 236—242.

Смирнов Ю.А. 1971. Лосось Онежского озера. Л.: Наука. 143 с.

Смирнов Ю.А. 1979. Пресноводный лосось. Л.: Наука. 156.

Смирнов Ю.А. 2006. Из опыта рекультивации нерестово-выростных угодий озерной формы атлантического лосося (*Salmo salar* L.) в останце реки Суна после молевого лесосплава // Тр. Гос. природ. заповедника «Кивач». Вып. 3. Петрозаводск. С. 127—138.

Смирнов Ю.А. 2008. Справка к истории починки нерестово-выростных угодий лосося (*Salmo salar* L.) в останце реки Суна // Тр. Гос. природ. заповедника «Кивач». Вып. 4. Петрозаводск. С. 150—153.

Справочник по объемам рыбоводно-акклиматизационных работ в Республике Карелия / Сост.: В.В. Сохнов, В.А. Сорокин, В.А. Валетов, Ю.В. Костылев. 2000. Фонды ФГУ «Карелрыбвод». 34 с.

Щербаков А.Н. 1988. Круглоротые и рыбы / Под ред. М.И. Шатуновского // Флора и фауна заповедников СССР. Фауна заповедника «Кивач». М. С. 6—9.

Щуров И.Л., Широков В.А., Тыркин И.А., Шульман Б.С. 2008. Результаты рекультивации нерестилища лосося в реке Суна // Тр. Гос. природ. заповедника «Кивач». Вып. 4. Петрозаводск. С. 154—155.

<http://www.Fishbase.org>

<http://www.sevin.ru/vertebrates/>.

FISHES OF RESERVOIRS OF THE KIVACH STATE NATURE RESERVE AND ADJACENT TERRITORIES

E.K. Popova, A.V. Sukhov

State nature reserve «Kivach», Kivach, Kondopozhsky dist., Republic of Karelia, Russia

e-mail: zap.kivach@gmail.com; popova.kivach@list.ru

The article presents the regular list of fishes populating the basins of the rivers Suna and Shuya located on the territory of the Kivach reserve and near its borders.

The analysis of published data and results of special observations shows that in the present time the fauna of the rivers and lakes of the reserve and around its borders counts as many as thirty species of fish belonging to twenty-six genera, fourteen families, eight orders, two classes. The systematic position of species is given according to the Atlas of Freshwater Fish of Russia (2003) and, in some cases, according to Berg (1948, 1949). In addition, the information from international data bases presented by <http://www.fishbase.org> and <http://www.sevin.ru/vertebrates> was also used throughout the creation of the article.

ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ НУКЛЕИНОВЫХ КИСЛОТ В ТКАНЯХ КАРПА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КОНЦЕНТРАЦИИ АЛЛОХТОННОГО АЗОТА В ВОДЕ И ТЕМПА РОСТА РЫБ

А.С. Потрохов

Институт гидробиологии НАН Украины, г. Киев

e-mail: alport@bigmir.net

Наиболее распространенными загрязнителями водной среды являются соединения минерального азота, в первую очередь аммиак, ионы аммония и нитритов. Азотсодержащие соединения имеют широкий спектр токсического действия на рыб, характер и степень влияния которого может быть определен по ряду их физиологических и биохимических показателей.

Известно, что РНК в живых клетках в первую очередь являются переносчиками и матрицами информации необходимыми для синтеза протеинов, поэтому по изменениям содержания этих нуклеиновых кислот возможно судить об уровнях синтетической активности белков в организме животных, в том числе и у рыб [Sharma et al., 2006]. В настоящее время показатели нуклеинового обмена (содержание РНК, ДНК и их соотношение) в большей мере используют как индикаторы интенсивности роста клеток и организма в целом, а также как характеристики суммарной активности метаболического функционирования живых существ разных систематических уровней [Fonseca et al., 2006; Gwak, Tanak, 2001; Meesters et al., 2002; Houlihan et al., 1993]. Кроме того с помощью индекса РНК/ДНК различных тканей возможно оценить условия питания рыб [Bergeron, 1997; Clemmesen, 1994].

Целью нашей работы было оценить, насколько адекватно изменение содержания нуклеиновых кислот в тканях рыб отражает как токсическую нагрузку аллохтонным азотом, так и связанной с ней активностью метаболических процессов в организме.

Материал и методы

Эксперименты были проведены на Белоцерковской экспериментальной гидробиологической станции Института гидробиологии НАН Украины. В пятилетних хронических экспериментах использовали годовиков карпа, завезенные из прудового хозяйства с нормативными гидрохимическими показателями (1 серия), и рыбы, постоянно подвергавшиеся действию минерального азота (2 серия). Рыбы были расселены в три пруда площадью 0,04 га со средней глубиной 1,2 м. В опытные пруды с подземными сточными водами поступал минеральный азот в высоких концентрациях. Контрольный водоем снабжался водой из р. Рось.

Содержание минерального азота в воде контрольного пруда (№ 1) составляло: аммонийный азот – 0,088–0,243 мг N/дм³; нитритный – 0,003–0,01; нитратный – 0,1–0,28 мг N/дм³. В опытных водоемах № 2 и № 3 концентрация аммония соответственно составляла весной – 9,1–21,5; 13,6–26,5 мг N/дм³ (9–21, 13–26 ПДК), летом – 13,7–35,7; 15,0–65,4 (14–36, 15–65 ПДК), осенью – 29,2–42,5; 27,9–62,2 мг N/дм³ (29–42, 28–62 ПДК); нитритов (в двух прудах) – весной 0,99–1,46 мг N/дм³ (12–18 ПДК), летом 1,75–3,27 мг N/дм³ (22–41 ПДК), осенью 0,32–1,83 мг N/дм³ (4–23 ПДК). Концентрация нитратов в воде весной составляла 6,27–21,61 мг N/дм³; летом – 8,32–19,04 мг N/дм³.

В период исследований для кормления рыб искусственные корма не применялись.

Содержание нуклеиновых кислот определялось спектрофотометрическими методами: ДНК по Спирину, РНК по Флеку и Мунро [Методы ..., 1974].

Полученные данные обработаны статистически с помощью программы Statistica 5.5.

Результаты и обсуждение

Как показали наши исследования, длительное пребывание рыб в условиях повышенного содержания минерального азота в воде существенно сказывалось на их темпах роста. Причем в вегетационный период, несмотря на превышение всех рыбохозяйственных норм по содержанию ионов аммония и нитритов в воде, подопытные карпы имели более высокие как линейные, так и весовые темпы роста (рис. 1). Что, по нашему мнению, связано с повышением общей трофности водоемов, в которые поступал аллохтонный азот. В данных прудах отмечались как более высокие значения биомассы фитопланктона и зоопланктона, так и бентосных организмов по сравнению с контролем. В тоже время в зимний период под воздействием токсичной среды отмечено значительное снижение массы рыб из прудов, подвергавшихся действию токсикантов. В первые два года наблюдалась смертность карпа в водоемах с высоким содержанием аллохтонного азота. Однако на протяжении следующего вегетационного периода подопытные рыбы быстро восстанавливали свою массу и темпы их роста начинали опережать контрольных особей.

Содержание РНК, соотношение РНК/ДНК в органах и тканях достаточно адекватно отображали темпы роста рыб или изменения активности биосинтетических процессов в их организме под воздействием токсичного загрязнения, которое в свою очередь влияло на функционирование всего биотопа.

Так, отмечены прямые корреляционные зависимости между содержанием РНК в мышцах и приростом длины и массы рыб в период наиболее продуктивного вегетационного периода (с мая по июль). При этом коэффициенты корреляции между этими показателями на протяжении пяти лет исследований составляли от +0,61 до +1,0 для темпов линейного роста и от +0,39 до +0,78 для прироста

та массы тела рыб. При быстром росте рыб взаимосвязь между содержанием РНК в мышцах и ростом рыб ближе, при неблагоприятных условиях (низкие температуры воды, недостаточность кормовой базы) меньше. Соотношение РНК/ДНК в целом повторяли отмеченные закономерности, и коэффициент корреляции составляли +0,39 – +0,59 (линейный рост), +0,65 – +0,91 (масса рыб).

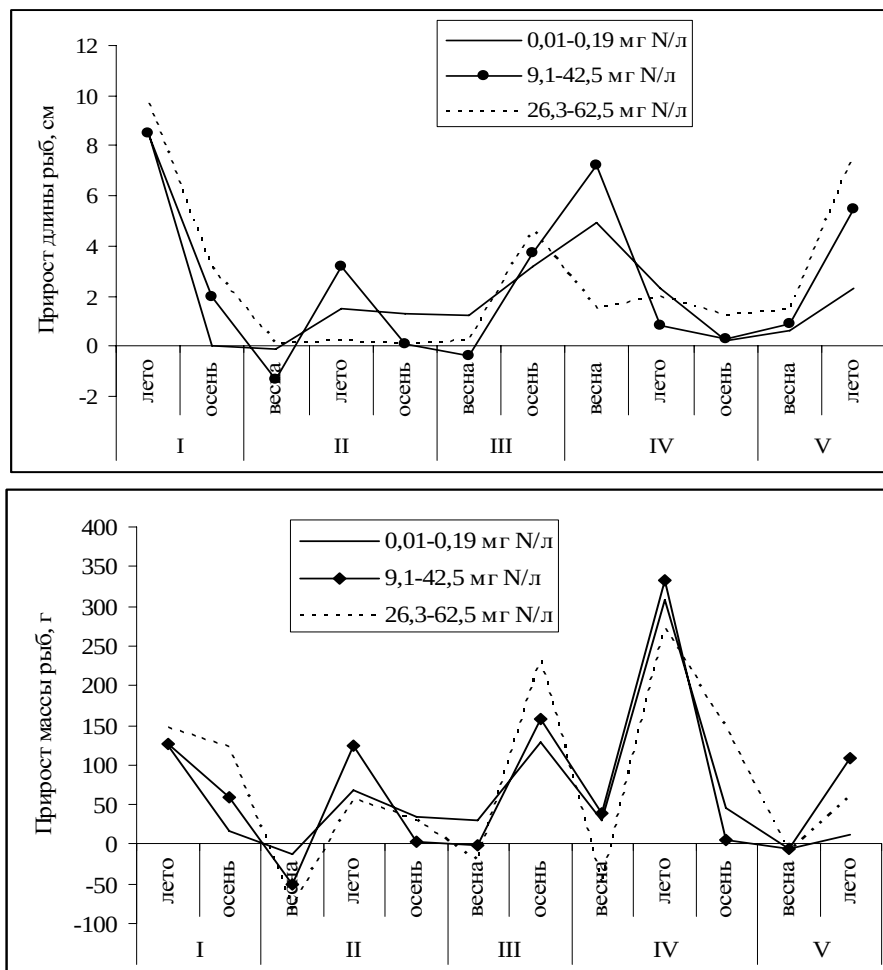


Рис. 1. Темпы роста карпа под действием аллохтонного азота, по аммонийному азоту

С середины лета до осени в период, когда активный рост замедлялся, и рыбы начинали накапливать запасные, энергоемкие вещества в своем организме, корреляционная зависимость между содержанием РНК ($r = -0,57 - -1,0$) и соотношением РНК/ДНК ($r = -0,79 - -0,99$) к темпам роста носила отрицательных характер. Таким образом, в этот сезон усиливался липидный и углеводный обмен, в мышцах активно накапливались запасные липиды и гликоген.

При сравнении темпов роста рыб и содержания РНК, а также соотношения РНК/ДНК в печени рыб отмечаются лишь корреляционные зависимости между РНК/ДНК коэффициентом и приростом рыб. Данный показатель в меньшей степени зависел от количества накопленных запасных веществ в печени и, по сути, характеризует содержание РНК в клетки ткани. В период быстрого роста рыб наблюдается положительная зависимость между РНК/ДНК индексом и темпами роста карпа ($r = +0,56 - +1,0$), при низких значениях скорости роста рыб отрицательная ($-0,72 - -1,0$). Это свидетельствует о том, что при усилении активности метаболизма рыб, направленной на рост их массы и линейных размеров, отмечается увеличение количества РНК в клетках печени. Известно, что клетки этого органы полифункциональны и активно участвуют в биосинтетических процессах, в частности синтеза белков. А при снижении темпов роста при подготовке рыб к зимовке количество РНК в тканях печени уменьшается, усиливается процессы накопления липидов и гликогена в этом органе.

Однако, несмотря на наличие коррелятивных зависимостей между темпами роста рыб и содержанием РНК, РНК/ДНК индексом нельзя не учитывать влияние токсичной среды на изменение

показателей нуклеинового обмена. Так как в процессе адаптации рыб к действию аллохтонного азота активно подключаются множество биохимических процессов, усиливается активность всех компенсаторных механизмов. Одним из проявлений чего и является изменение общего количества РНК в тканях и органах рыб.

При рассмотрении показателей нуклеинового обмена, особое внимание обращает на себя цикличность в сезонной направленности изменений (отклонений от нормы) физиолого-биохимических процессов у рыб под действием избыточного поступления аллохтонного азота. Необходимо отметить, что показатель РНК/ДНК в мышцах экспериментальных и контрольных рыб имеет схожую сезонную изменчивость и разница между контрольными показателями и теми, что наблюдались в тканях у рыб, подвергающихся действию минерального азота, заключалась в амплитуде сезонных колебаний уровня РНК/ДНК. Разница между минимальными значениями неполовозрелых особей (осень 1 года) и максимальными (лето 2 года) составляет у контрольных рыб 1,9 раз, а у рыб из загрязненных прудов № 2 та № 3 – в 6,1 и 5,7 раз соответственно (рис. 2). По мере прохождения процессов адаптации рыб к существующим условиям среды амплитуда колебаний РНК/ДНК-индекса в мышцах уменьшается.

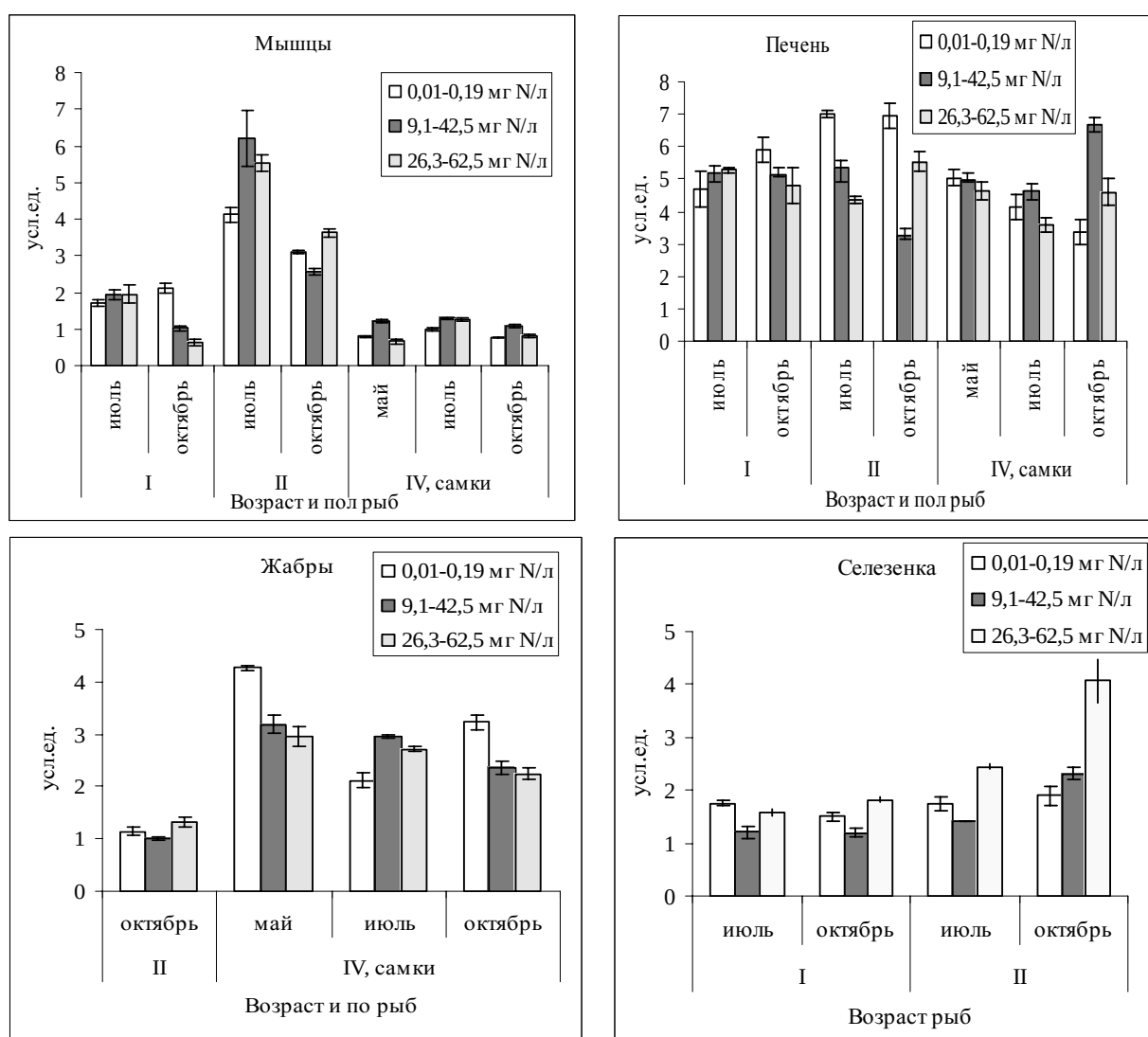


Рис. 2. Влияние избыточных концентраций аллохтонного азота на соотношение РНК/ДНК в тканях карпа

Содержание РНК в печени за весь период наблюдений, за исключением мая, было более высоким у подопытных рыб, находившихся под воздействием избыточного поступления аллохтонного азота в водоемы. Одним лишь увеличением или уменьшением накопления макроэргических ве-

ществ в тканях печени рыб это явление объяснить не возможно, поскольку оно изменялось независимо от этого показателя. Достовернее все же, что благодаря усилению процессов дезаминирования и трансаминирования, протекающие в печени, усиливается синтез белков, которые прямо принимают участие в уменьшении негативного влияния высоких концентраций эндогенного аммония. Лишь только весной метаболическая активность опытных рыб заметно снижена по сравнению с контрольными особями, вероятно, в зимний период карпы максимально изолируются от внешней токсичной среды, активность метаболизма снижается, основным поставщиком энергии становится гликолиз и катаболизм белков. Показатель РНК/ДНК в печени менее адекватно отображает физиологическое состояние рыб. Поскольку количество ДНК на клетку показатель стабильный, а в процессе накопления или потери запасных веществ в клетках этого органа существенно изменяются. Исходя из полученных данных, РНК/ДНК индекс более свидетельствует об уровне накопления липидов в тканях печени рыб, при чем годовая динамика этих изменений совпадает с характеристиками липидного обмена контрольных и подопытных карпов.

В жабрах, которые преимущественно отвечают у рыб за выведение избыточного эндогенного азота из организма, летом и осенью также наблюдается повышение содержания РНК под воздействием высоких концентраций аллохтонного азота в перерасчете на массу ткани. Это также свидетельствует, что активное противодействие токсичному влиянию внешнего минерального азота в вегетационный период осуществляется благодаря повышению белоксинтезирующей активности, с другой стороны в зимний период наблюдается пассивное противодействие токсикантам, выражающееся в снижении общей метаболической активности. Тенденции изменений соотношения РНК к ДНК в жабрах карпов под воздействием аллохтонного азота в целом подтверждают эти предположения (см. рис. 2).

Активность функционирования селезенки в большей мере зависит от нитритной составляющей общего азотного загрязнения, а затем уже от содержания аммиака и ионов аммония. Этот узкоспециализированный орган выполняет функцию эритропоэза и синтеза гемоглобина. Его метаболическая активность существенно повышается, поскольку значительное количество нитритов вызывает трансформацию гемоглобина в метгемоглобин [Jensen, 1990; Knudsen, Jensen, 1997; Avilez et al., 2004], сокращается продолжительность жизни эритроцитов [Scarano et al., 1984], чем затрудняет транспорт кислорода по организму. Повышение метаболической активности в селезенке является компенсаторным механизмом в ответ на действие токсикантов. Самое заметное повышение содержания РНК и соотношения РНК/ДНК наблюдалось у рыб из наиболее загрязненного пруда № 3. По всей видимости, увеличение общей массы селезенки в 2–3 раза у подопытных рыб при действии минерального азота сопровождается также усилением белоксинтезирующей активности во всех клетках этого органа, что и подтверждается ростом соотношения РНК/ДНК на 22,1–114,2 % по сравнению с контролем.

При сравнении данных по изменению показателей нуклеинового обмена карпов из двух серий отмечается, что у рыб, адаптированных к действию загрязнителей, уровень прохождения метаболических процессов в мышцах и жабрах выше в сравнении с показателями карпов из 1 серии, и при поступлении минерального азота в воду оно существенно не изменяется. Менее адаптированные рыбы в противодействие токсичному влиянию аллохтонного азота активируют синтез протеинов, что проявляется в увеличении количества РНК и соотношения РНК/ДНК, особенно в печени и жабрах – органах, которые отвечают за процессы детоксикации и экскреции избыточного аммиака из внутренней среды. Таким образом, продолжительный отбор карпов по адаптивной способности к влиянию избыточного поступления минерального азота отражался на ходе метаболических процессов в их организме.

Выводы

При влиянии высоких концентраций аллохтонного азота на рыб наблюдается как прямое, так опосредованное действие токсикантов на показатели нуклеинового обмена (содержание РНК и соотношения РНК/ДНК).

Прямое действие минерального азота проявляется в повышении активности прохождения метаболических процессов в организме рыб. Более высокая белоксинтезирующая функция органов и тканей карпа способствует росту устойчивости рыб к действующему фактору.

Опосредованное воздействие аллохтонного азота связано с функционированием всего биотопа, в частности с повышением трофности водоемов. При этом подопытные рыбы, для которых высокий уровень прохождения метаболических процессов, находясь в более выгодных кормовых условиях, характеризуются повышенными темпами линейного и весового роста, что в свою очередь связано с увеличением содержания РНК в тканях и органах.

Изменение содержания РНК и соотношения РНК/ДНК в тканях рыб зависит от температуры воды и сезона года. И в целом данные показатели адекватно характеризует активность метаболизма рыб при действии высоких концентраций минерального азота.

Существенное значение в устойчивости рыб к влиянию минерального азота имеет предварительная адаптация карпа, а также длительное их содержание в условиях действующего фактора.

Литература

Методы биологии развития. Экспериментально-эмбриологические, молекулярно-биологические и цитологические, 1974 / М.: Наука. 1974. 619 с.

Avilez I.M., Altran A.E., Aguiar L.H., Moraes G., 2004. Haematological responses of the neotropical teleost *Brycon cephalus* to environmental nitrite // Comparative Biochemistry and Physiology. Part C, Vol. 139. P. 135–139.

Bergeron J. P., 1997. Nucleic acids in ichthyoplankton ecology: a review, with emphasis on recent advances for new perspectives // Journal of Fish Biology. Vol. 51 (A). P. 284–302.

Clemmesen C., 1994. Importance and limits of RNA/DNA ratios as a measure of nutritional condition in fish larvae. Survival strategies in early life stages of marine resources / Proceedings of International workshop, 11–14 October, Yokohama, Japan. P. 67–82.

Fonseca V. F., Vinagre C. V., Cabral H. N., 2006. Growth variability of juvenile soles *Solea solea* and *Solea senegalensis*, and comparison with RNA: DNA ratios in the Tagus estuary // Portugal. Journal of Fish Biology. Vol. 68. P. 1551–1562.

Gwak W. S., Tanaka M., 2001. Developmental change in RNA: DNA ratios of fed and starved laboratory-reared Japanese flounder larvae and juveniles, and its application to assessment of nutritional condition for wild fish // Journal of Fish Biology. Vol. 59. P. 902–915.

Houlihan D. F., Mathers E. M., Foster A. 1993. Biochemical correlates of growth rate in fish / Fish Ecophysiology, Chapman and Hall, London. P. 45–71.

Jensen F.B., 1990. Nitrite and red cell function in carp: control factors for nitrite entry, membrane potassium ion permeation, oxygen affinity and methaemoglobin formation // Journal of Experimental Biology. Vol. 152. P. 149–166.

Knudsen P.K., Jensen F.B., 1997. Recovery from nitrite-induced methaemoglobinaemia and potassium balance disturbances in carp // Fish Physiology and Biochemistry. Vol. 16. P. 1–10.

Meesters E. H., Nieuwland G., Duineveld G. C. A., Kok A., Bak R. P. M., 2002. RNA/DNA ratios of scleractinian corals suggest acclimatisation/adaptation in relation to light gradients and turbidity regimes Marine ecology // Progress series (Mar. ecol., Prog. ser.). Vol. 227. P. 233–239.

Scarano G., Saroglia M.G., Gray R.H., Tibali E., 1984. Haematological responses of sea bass *Dicentrarchus labrax* to sublethal nitrite exposures // Transactions of the American Fisheries Society, Vol. 113. P. 360–364.

Sharma J.G., Gwak W.S., Masuda R., Tanaka M., Chakrabarti R., 2006. Survival, growth and RNA/DNA ratio of *Pagrus major* cultured under three different feeding regimes during early development // Asian Fisheries Science. Vol. 19. P. 389–400.

CHANGE OF CONTENTS OF NUCLEIC ACIDS IN TISSUES OF CARP DEPENDING ON CONCENTRATION OF ALLOCHTHONOUS NITROGEN IN WATER AND RATE OF GROWTH OF FISH

A.S. Potrokhov

Institute of hydrobiology of NA of Sci of Ukraine, Kiev
e-mail: alport@bigmir.net

At influence of allochthonous nitrogen on fishes there is as direct, so mediated action of toxins on the indexes of nucleic exchange (the contents RNA and the RNA/DNA ratio).

Direct action of mineral nitrogen shows up in the increase of activity of passing of metabolic processes in the organism of fishes. More high protein synthesizing function of organs and tissues of carp is promoted in growth of resistance of fishes to the acting factor.

The mediated influence of allochthonous nitrogen is related to functioning of all biotope, in particular with the increase of food capacity of reservoirs. Thus experimental fishes, for which is marked at high level of metabolic processes, being in more advantageous forage conditions, is characterized by the promoted rates of linear and weight growth, that in the turn is related to the increase of the contents RNA in tissues and organs.

The contents RNA of and the RNA/DNA ratio in tissues adequately characterize activity of metabolism of fishes at action of high concentrations of mineral nitrogen.

АКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕКИСНОГО ОКИСЛЕНИЯ ЛИПИДОВ У КАРПА ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ МИНЕРАЛЬНОГО АЗОТА

А.С. Потрохов, О.Г. Зиньковский, Н.А. Могилевич

Институт гидробиологии НАН Украины, г. Киев

e-mail: alport@bigmir.net

Образование перекисей, свободных радикалов, гидроперекисей и других продуктов перекисного окисления имеет место относительно всех веществ-восстановителей, однако, в первую очередь, эти процессы наиболее активно протекают по отношению к липидам. Липиды активно связывают свободные радикалы и другие перекиси в антиоксидантной системе организма. Поскольку липиды являются основой всех внутриклеточных мембран, а также играют существенную роль в метаболизме клетки, то равновесие протекания перекисных и антиоксидантных процессов является одним из необходимых условий нормального функционирования организма. Нарушение этого равновесия всегда свидетельствует о наличии патологии или стресса.

В норме у животных существует равновесие прооксидантных и антиоксидантных процессов. Вследствие этого перекисное окисление протекает на определенном стационарном уровне. Активация перекисного окисления липидов (ПОЛ) может рассматриваться как компонент неспецифической реакции организма на экстремальные влияния, то есть как звено стресс-реакции [Барабой и др., 1991].

Процесс ПОЛ в интактной клетке поддерживается на стационарном уровне с помощью системы, которая организована по принципу негативной обратной связи. В этой системе количество естественных антиоксидантов, состав и окисляемость липидов взаимозависимы таким образом, что возможно осуществление эффективной регуляции процессов ПОЛ. Показано, что при направленной модификации липидного субстрата взаимосвязь между параметрами сохраняется также при развитии патологических состояний [Паранич и др., 1990].

Образование избыточного количества перекисных продуктов, которое имеет место при развитии патологии, приводит к нарушению структурной и функциональной организации клеточных мембран, изменению их проницаемости и ионного баланса в клетках, разъединению окислительно-фосфорилирования, окислению тиольных групп белков и дезактивации ферментов [Козлов и др., 1972].

Из рассмотренных примеров вытекает, что активность протекания ПОЛ и активность антиоксидантных систем и соотношения этих разнонаправленных процессов могут служить интегральными показателями состояния организма.

Сдвиг равновесия активности антиоксидантной системы и протекания свободно-радикальных процессов, в частности в системе ПОЛ, со значительной степенью достоверности отображает именно активность и уровень действия факторов окружающей среды на организм в основном вне зависимости от того, какой конкретный фактор есть стрессором. Изменение показателей ПОЛ имеет выраженную тканевую специфичность, то есть для различных клеток и тканей характерен разный тип реагирования системы ПОЛ и антиоксидантной системы на действие стрессоров.

При действии на рыб ряда экстремальных факторов отмечено снижение антиокислительной активности (АОА) тканей, что приводит к активации ПОЛ и накоплению токсичных гидроперекисей липидов [Аверьянов и др., 2000]. У рыб изменения свободнорадикального окис-