

Срочные механизмы компенсации: гиперемия, опорожнение кровяных депо, были выявлены в основном у представителей пелагической ихтиофауны. Ранее показано, что резервы депо крови у них почти в 5 раз выше, чем у донных видов (Солдатов, 1992). Гиперемия у рыб была выявлена в условиях внешней гипоксии. Однако она наблюдалась на фоне роста двигательной активности особей, которые пытались компенсировать дефицит O_2 напорной вентиляцией жаберной полости. Известно, что движение является основным фактором гиперемии скелетной мускулатуры у рыб (Шошенко и др., 1984; Egginton, 1997). Поэтому данную реакцию не следует рассматривать как компенсационную.

Процессы, определяющие длительную компенсацию, развивались на уровне циркулирующих эритроцитов и мышечной ткани. В эритроцитах происходила направленная коррекция сродства гемоглобина к O_2 и чувствительности его к рН. Это достигалось путем перестройки гетерогенной структуры белка или на основе изменения внутриклеточной концентрации НТР. В конечном итоге сродство к O_2 повышалось. Изменение чувствительности к рН было не однозначным. У донных видов она росла, а у пелагических падала. Первая стратегия облегчала разрядку оксигемоглобина на тканевом уровне, а вторая снижала зависимость процесса оксигенации и деоксигенации белка от рН. Выбор стратегии, по-видимому, определялся степенью плазменного ацидоза. У пелагических рыб он был выше.

В мышцах все изменения были направлены на увеличение диффузионной способности ткани по отношению к O_2 : рост содержания миоглобина, липидов и снижение степени ее гидратации. Одновременно повышался уровень цитохромов, а дыхательная цепь приобретала гипоксический тип организации, что позволяло утилизировать следовые количества O_2 в ткани.

MECHANISMS OF DEVELOPMENT AND COMPENSATION OF TISSUE HYPOXIA IN MARINE FISHES

A.A. Soldatov

Institute of Biology of the Southern seas of National Academy of Science,
Sevastopol, Ukraine
alekssoldatov@yandex.ru

Physiological and molecular systems of transport and utilization of oxygen determining oxygen homeostasis in tissues of marine fishes were investigated. Simultaneously the character of PO_2 distribution in tissue and an orientation of tissue metabolic processes were estimated. The groups of processes responsible for development of tissue hypoxia were distinguished. These are some kinds of respiratory, circulating and hemic forms of hypoxia which develop under different functional state of the organism and environment conditions. Some of these hypoxia form were specific for hydrobionts and did not meet in terrestrial organisms. In circulating, hemic systems and tissue molecular systems were registered compensatory reactions. These reactions were resulted in increase of volume of transporting oxygen and in diffusion characteristics of tissue liquid.

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ПАТОЛОГИЙ РЫБ ВОДОЕМОВ СЕВЕРНОЙ ФЕННОСКАНДИИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ СРЕДЫ И ИНТЕНСИВНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

П.М. Терентьев

Учреждение Российской академии наук Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского
научного центра РАН, Апатиты, Россия
p_terentjev@inep.ksc.ru

Присутствие тяжелых металлов в водной среде способно оказывать биологическое действие на организмы. Токсичность металлов у рыб проявляется на клеточном и субклеточном уровнях. У рыб отмечаются поражения внутренних органов, в том числе имеющих специфические проявления (Кашулин и др., 1999; Моисеенко, 1997, 1999). Комбинат «Печенганикель», являющийся одним из

крупнейших медно-никелевых предприятий Европы, расположено на территории водосбора крупной озерно-речной системы Северной Фенноскандии оз. Инари-р. Пасвик, представляющей собой цепь водохранилищ, расположенных на различном расстоянии от предприятия и испытывающих долговременное влияние тяжелых металлов и кислотообразующих соединений. Целью данного исследования является выявление пространственных закономерностей в развитии патологий сига водоемов бассейна р. Пасвик, расположенных по направлению увеличения интенсивности загрязнения тяжелыми металлами в последовательности: Инари–Раякоски–Ваггетем–Скрюккебукта–Куэтсъярви.

Установлено, что патологические изменения внутренних органов сига отмечаются во всех исследованных водоемах. Наиболее распространенными изменениями в организмах сига бассейна р. Пасвик в настоящее время являются патологии почек и печени. Частота встречаемости соединительно-тканых перерождений почек наиболее высока по сравнению с другими органами. Для водоемов системы р. Пасвик характерно увеличение встречаемости патологий органов сига по мере приближения к предприятию «Печенганикель» (рис. 1). Наиболее серьезные поражения внутренних органов характерны для рыб оз. Куэтсъярви. В настоящее время поражения печени, почек и жабр сига данного водоема отмечаются в 75–100% случаев. На фоне наиболее высоких показателей встречаемости патологий печени и почек сига, поражения органов репродуктивной системы рыб также являются наиболее высокими из всех исследованных водоемов. У всех рыб оз. Куэтсъярви отмечается снижение тургора мышц, депигментация кожных покровов. В жабрах были выявлены нарушения в структуре жаберных тычинок, депигментация окраски жаберных лепестков. Явление почечнокаменной болезни сига, отмечаемой только для данного района, отмечено в более 9% случаев.

Наиболее распространенные изменения – соединительно-тканые разрастания почек сига могут свидетельствовать о нарастающей нагрузке никеля на водоемы, провоцирующего развитие патологий именно данного органа. Кроме того, в настоящее время не наблюдается снижения встречаемости патологий жабр и внешних покровов сига в зависимости от уровня нагрузки и удаленности водоема от источника загрязнения. Объяснением этому, по-видимому, являются особенности питания рыб. Содержание тяжелых металлов в придонных слоях, а, следовательно, и в придонных организмах, как правило, выше. Преимущественный бентосный тип питания сига определяет повышенные уровни поступления тяжелых металлов в организм. Таким образом, повышенные концентрации металлов, поступивших с пищей, вероятно, способны оказывать патологическое действие именно на печень и почки. Кроме того, в условиях антропогенного закисления водоемов, в них возможна интенсификация процессов вторичного загрязнения, что также может служить мощным дополнительным фактором активизации патологических процессов в органах и тканях рыб.

Интенсивность и частота встречаемости изменений организмов хищных рыб (щука), на фоне закономерного увеличения по мере приближения к источнику аэротехногенного загрязнения, также как и у сига, характеризовалась проявлением начальных стадий патологий у рыб в значительно удаленных от источников загрязнения водоемах.

Общая оценка патологических изменений сига исследованных водоемов показала, что частота встречаемости нарушений органов и тканей рыб была ниже у сига водохранилища Ваггетем. Кроме того, развитие патологий рыб здесь носит начальный характер. Водоохранилище нижнего течения р. Пасвик – Скрюккебукта, испытывающее более высокие уровни антропогенной нагрузки, характеризуется более высокой частотой встречаемости патологий. Необходимо отметить, что среди сига Скрюккебукта в 60% случаев регистрировались внешние изменения, выражающиеся в снижении тургора мышечных тканей, бледной окраске кожных покровов и депигментации покровов черепа.

Результаты исследований по оценке интенсивности и характера проявлений патологий рыб бассейна р. Пасвик в условиях аэротехногенного и прямого загрязнения тяжелыми металлами свидетельствует о значительной уязвимости ихтиофауны водохранилищ. Функционирование рыбной части сообщества водоемов бассейна в современных условиях, несмотря на значительно снижение промышленных выбросов в условиях существующей нагрузки на территории водосбора и потенциальной опасности интенсификации процессов вторичного загрязнения, сохраняют тенденции к изменению на всем протяжении реки. Однако разнородностью условий обитания водохранилищ, вариабельностью гидрологических параметров, многообразии кормовой базы способно компенсировать негативное влияние токсичности среды.

The particularities of the fish pathology development of the Pasvik River basin under the long-term industrial pollution of heavy metals were analyzed. The strong correlation between the specific biological responses and intensity of pollution was registered. The degradation signs of fish (intensive development of internal's pathologies) are the most clearly registered in the vicinity of industrial smelter. The unfavorable changes of different intensity are touch upon all the waterbodies along the Pasvik River and may denote the high vulnerability of fish fauna to anthropogenic transformations.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПОЛИМОРФИЗМА РУССКОГО ОСЕТРА И БЕЛУГИ

Н.Н. Тимошкина¹, А.Е. Барминцева², Д.В. Коваленко¹

¹ Азовский НИИ рыбного хозяйства (АзНИИРХ), Ростов-на-Дону, Россия
n_timoshkina@mail.ru

² Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО),
Москва, Россия
bae69@mail.ru

Драматическое снижение численности большинства осетровых видов вследствие сокращения мест естественного размножения, неконтролируемого вылова, привлекло внимание к генетике этих рыб. Микросателлитные ядерные маркеры, благодаря высокой степени мутирования и небольшим размерам аллелей, широко применяют для популяционных исследований, в судебной практике (например, контроль происхождения продуктов из осетровых), их используют для оценки эффективности восстановительных мероприятий, что особенно важно при искусственном воспроизводстве популяций.

Методом STR-анализа четырех локусов (An20, Afug41, Afug51, AoxD165) мы исследовали генетический полиморфизм *A.gueldenstaettii* и *H.huso*, выловленных в бассейне Каспийского, Чёрного и Азовского морей. Основные результаты представлены в таблице.

Анализ генотипов продемонстрировал диплоидное распределение STR-аллелей у белуги и тетраплоидное – по тем же локусам у русского осетра. Полиплоидностью последнего, очевидно, обусловлены более высокие значения гетерозиготности. Уровень полиморфизма в выборках двух видов прямо коррелирует с размером популяции. Так, дефицит гетерозигот в азовских популяциях отражает стремительное падение численности исследуемых видов на фоне их полувекового искусственного воспроизводства в Азовском море.

В целом русский осетр и белуга по исследованным микросателлитным локусам обнаружили достаточное генетическое разнообразие, которое позволяет анализировать степень родства особей для научного планирования работ с маточным стадом и оценки эффективности воспроизводства, контролировать динамику генетического разнообразия и популяционной структуры двух видов, численность которых восполняется искусственно. В тоже время данные микросателлитного анализа свидетельствует об изменениях в сложившейся популяционной структуре и геномном разнообразии русского осетра и белуги уже в исторический период в результате искусственного воспроизводства и интенсивного рыболовства.

Генетическое разнообразие русского осетра и белуги по четырем STR- локусам (средние значения)

Выборка	<i>A.gueldenstaettii</i>				<i>H.huso</i>			
	N	L	H ₀	H _E	N	L	H ₀	H _E
Азовская	88	49	0.892	0.981	32	21	0.507	0.581
Каспийская (р.Волга)	380	70	0.941	0.990	80	35	0.564	0.574
Черноморская (р.Дунай, Днепр)	85	58	0.881	0.968	28	25	0.620	0.625

Примечание: N – размер выборки, L – количество обнаруженных аллелей, H₀ – гетерозиготность наблюдаемая, H_E – гетерозиготность ожидаемая