

на литорали позже реагирует на загрязнители, но уровень загрязнения бентосных вод ощутимо выше, чем пелагических. Таким образом, ИП рыб является информативным показателем состояния рыб и среды их обитания.

## APPLICATION OF FISH LIVER INDEX VALUES FOR THE EVALUATION OF ECOLOGICAL STATUS OF ENVIRONMENT

J.V. Novoselova

Institute of the biology of the Southern Seas National Ukrainian Academy of Sciences, Sevastopol, Ukraine  
yunovosyolova@yandex.ru

The comparative study of liver index (LI) variations in two Black Sea fish species belonging to benthic and suprabenthic-pelagic groups was conducted. The differences of LI values and fluctuations connected with fish sex, ecological status and locations were observed. The use of LI as bioindicator of fish health and ecological status of their environment is discussed.

## БИОХИМИЧЕСКИЕ МАРКЕРЫ, ИСПОЛЬЗУЮЩИЕСЯ ДЛ Я ОЦЕНКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРОМЫСЛОВЫХ РЫБ СЕВЕРНОГО БАССЕЙНА

С.И. Овчинникова., Л.И. Тимакова, Н.А. Панова

Мурманский государственный технический университет, кафедра биохимии, Мурманск, Россия  
biochemistry@mail.ru

Был проведен сравнительный анализ биоэнергетического состояния рыб семейства Тресковые, *Gadidae*, (пикша, *Melanogrammus aeglefinus*, треска, *Gadus morhua morhua*, сайка, *Boreogadus saida*, сайда, *Pollachius virensu*) и семейства Камбаловые, *Pleuronectidae*, (морская камбала, *Platessa platessa*, палтус синекорый, *Reinhardtius hippoglossoides*) обладающих разной двигательной активностью. Использовались такие биохимические маркеры, как содержание аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ), аденозиндифосфорной кислоты (АДФ), аденозинмонофосфорной кислоты (АМФ), величина аденилатного энергетического заряда (АЭЗ) и процентное соотношение компонентов фракций адениловых нуклеотидов (АД) в белых мышцах самцов и самок в различные периоды годового цикла.

В работе представлены результаты сравнительного анализа для морской камбалы и трески. Проанализированы особенности сезонной динамики содержания адениловых нуклеотидов, величины АЭЗ и процентного соотношения АТФ: АДФ: АМФ в белых мышцах рыб. Определены половая специфика и причины различий в обмене адениловых нуклеотидов у самцов и самок морской камбалы и трески. Установлено, что наименьшее суммарное содержание АД и АТФ, было характерно для преднерестового периода. Для этого этапа АЭЗ имеет низкие значения. Преднерестовый период также характеризуется наибольшим количеством АМФ в белых мышцах. Ближе к нересту наблюдалось значительное повышение содержания АТФ в мышцах самцов морской камбалы – в 3,2 раза, самок – в 2,5 раза по сравнению с преднерестовым периодом. Для трески в период нереста характерно увеличение количества АТФ в 2,4 раза у самцов и в 1,6 раза у самок по сравнению с преднерестовым периодом. У самцов морской камбалы в период нереста уровень АДФ и АМФ понизился в 1,5 и в 10 раз, у самок – в 1,4 и 3,4 раза соответственно. В мышечной ткани трески во время нереста содержание АДФ и АМФ уменьшилось в 1,7 и в 13 раз у самцов, в 1,4 и в 2,9 раза у самок. Начало восстановительного периода характеризовалось более низким уровнем АТФ по сравнению с предыдущими значениями: в 2,4 и 2,1 раза у самцов и самок морской камбалы, в 2 и 1,3 раза у самцов и самок трески. Значительную разницу колебаний уровня АТФ у самцов следует объяснить большими энергетическими расходами в период размножения. Содержание АДФ в посленерестовый период возрастало: в 1,7 и 2 раза у самцов и самок морской камбалы, в 2 и 2,2 раза у самцов и самок трески. В посленерестовом периоде зафиксированы максимумы содержания АДФ у морской камбалы и трески обоих полов. Количе-

ство АМФ в белых мышцах самцов и самок морской камбалы и трески также было больше, чем в период нереста: у самцов, соответственно, в 9,8 и 13,5 раза, у самок в 3 и в 2,8 раза. В преднерестовый, нерестовый и посленерестовый периоды выявлены различия в энергетическом обеспечении мышечной ткани самцов и самок, связанные, вероятно, с их разной ролью в репродуктивном процессе и особенно выраженные в период нереста. Содержание АТФ у самок в эти периоды было ниже, чем у самцов: для морской камбалы в преднерестовый период разница составила 21,6%, в период нереста – 37,5%, в посленерестовый период – 30,2%. В аналогичные периоды для трески показатели содержания АТФ у самок были ниже, чем у самцов соответственно на 19,8%, 45,4% и 18%. В преднерестовый период для самцов характерно также большее содержание АДФ в белых мышцах: значения этого показателя у них превосходили таковые для самок морской камбалы на 11,6%, для самок трески – на 18,5%. После нереста количество АДФ было выше у самок – на 14,4% у морской камбалы и на 12,3% у образцов трески. Наиболее значительная разница в содержании АМФ была зафиксирована лишь в нерестовый период. АМФ характеризовалась повышенными значениями у самок по сравнению с самцами. В белых мышцах самок морской камбалы количество адениловой кислоты было больше на 66%, в образцах ткани самок трески – на 80% по сравнению с тканями самцов. Суммарное содержание адениловых нуклеотидов отличалось у особей разного пола перед нерестом и в большей степени во время нереста – у самцов морской камбалы в эти периоды показатели АД были выше по сравнению с самками на 13,1% и 23,1%, у самцов трески – соответственно на 25,8% и 32,4%. У самцов обоих видов в нерестовый период отмечено существенное повышение значений АД. В преднерестовый период, во время нереста и в восстановительный период АЭЗ характеризуется пониженными величинами у самок – АЭЗ у них меньше, чем у самцов в среднем на 3,6%, 9,6%, 6,8% для морской камбалы и на 3,0%, 10,2%, 6,1% для трески. Наблюдаемые половые различия обмена адениловых нуклеотидов, вероятно, во многом обусловлены поведением рыб в период размножения, во время которого самцы чрезвычайно подвижны, агрессивны и раздражительны, а самки спокойны и флегматичны. Максимальные содержания АТФ, АД и значения аденилатного энергетического заряда установлены для периода нагула. Уровень АТФ по сравнению с посленерестовым периодом возрос в среднем в 3,6 раза у самцов и в 5,2 раза у самок морской камбалы, в 3,4 раза у самцов и в 4,1 раза у самок трески. Это самое значительное повышение содержания АТФ во всем годовом цикле. В период нагула отмечено наиболее существенное колебание уровня АДФ по сравнению с периодом после нереста. Содержание АДФ понизилось в 3,5 и 4 раза у самцов морской камбалы и трески, в 3,8 и 4 раза у самок данных рыб. Осенью содержания АТФ, АД и АЭЗ снизились, но уровень АТФ оставался достаточно высоким, что свидетельствует о том, что физиологические ритмы размножения вызывают гораздо большие сдвиги в энергетическом метаболизме мышечной ткани, чем колебания температуры воды в зависимости от времени года. В преднерестовый, нерестовый и посленерестовый периоды для самок морской камбалы и трески характерно в основном меньшее процентное содержание АТФ по сравнению с самцами своего вида. Массовые доли АДФ и АМФ в указанные периоды больше у самок. Кроме половых различий в содержании адениловых нуклеотидов, величинах АЭЗ и процентном соотношении АТФ: АДФ: АМФ, были установлены и значительные видовые различия в уровне макроэнергетических фосфатов и адениловой кислоты для морской камбалы и трески. Количество этих адениловых нуклеотидов на протяжении годового жизненного цикла у трески было ниже, чем у морской камбалы. Для трески характерно более высокое суммарное количество адениловых нуклеотидов АД и значение аденилатного энергетического заряда. Значения АД для самцов трески превышают таковые у самцов морской камбалы на 19,4%, для самок трески АД в больше, чем у самок морской камбалы на 13,9%. Величина АЭЗ для всех исследованных периодов больше у трески – на 10% у самцов и на 10,4% у самок по сравнению с морской камбалой.

Таким образом, установленное преимущество мышечной ткани трески по таким показателям, как абсолютное и относительное содержание аденозинтрифосфорной кислоты, суммарное содержание адениловых нуклеотидов и величина аденилатного энергетического заряда свидетельствует о более высоком уровне энергетического обмена у самцов и самок трески по сравнению с морской камбалой.

## BIOCHEMICAL MARKERS, USING FOR ESTIMATION OF ENERGETIC STATE OF FISHES OF NORTH BASIN

S.I. Ovchinnikova, L.I. Timakova, N.A. Panova

Department of biochemistry, faculty of Biology Murmansk State Technical University, Murmansk, Russia  
biochemistry@mail.ru

In this article we suggest the analysis of the seasonal dynamics of adenil nucleotides in north fish white muscle. We compare energy metabolism of *Gadus morhua morhua* L. and *Pleuronectes platessa* (L.) of the same age. Our results show that the quantity of macroergic compounds depends on life's stage, the sex (male or female), and different environmental factors. We also show that there are more ATP in the muscle tissues of more active cod.

## РОЛЬ НЕЙПРОАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В ПРОЦЕССАХ РАЗВИТИЯ СТРЕКАЮЩИХ (*AURELIA AURITA* (SCYPHOZOA) И *GONOTHYRAEA LOVENI* (HYDROZOA)) И ИХ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НА СТАДИЯХ РАННЕГО ОНТОГЕНЕЗА

Т.Д. Орлова, И.А. Косевич

Московский Государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия  
planyla@gmail.com, ikosevich@gmail.com

Многие представители Стрекающих (Cnidaria) в течение жизненного цикла претерпевают метаморфоз и, следовательно, смену жизненной формы.

*Gonothyraea loveni* (Hydrozoa, Campanulariidae) является морским колониальным гидроидным. Эмбриональное развитие и формирование личинки – планулы – происходят в медузоиде, после чего зрелые планулы покидают родительскую колонию. Личинка свободно плавает в толще воды, после чего оседает на подходящий субстрат и претерпевает метаморфоз, в результате которого образуется первичный побег будущей колонии.

*Aurelia aurita* (Scyphozoa, Semaestomeae) имеет сложный жизненный цикл с закономерным чередованием полового и бесполого размножения. Половое размножение присуще раздельнополой медузоидной форме. Эмбриональное развитие завершается формированием личинки планулы, которая покидает материнский организм и некоторое время ведёт планктонный образ жизни. Затем планула оседает на субстрат и претерпевает метаморфоз, формируя полипоидную форму жизненного цикла, отвечающую за бесполое размножение. Одна из форм бесполого размножения полипов – стробилиция – ведёт к появлению эфир, которые впоследствии трансформируются в половозрелую медузу.

Существенную роль в координации и реализации последовательных превращений из одной формы в другую выполняют нейропептиды и нейротрансмиттеры. Нейротрансмиттеры задействованы в качестве регуляторов морфогенеза и поведения. Нейропептиды представлены в эктодермальных сенсорных клетках и связанной с ними нервной сети.

Нами были исследованы стадии раннего онтогенеза *G. loveni* и *A. aurita* до формирования первичного побега колонии или полипа соответственно. При помощи метода иммуногистохимии были изучены пространственно-временные паттерны серотонина, FMRF-амида,  $\gamma$ -аминомасляной кислоты (для *A. aurita*), тирозинированного и ацетилированного тубулина. Результат визуализировали при помощи конфокальной микроскопии. Кроме того, для эмбрионов и планул *G. loveni* был проведен ряд экспериментов по внесению в культуру с животными экзогенного серотонина или его блокаторов.

Основным результатом проведённых исследований стало обнаружение серотонина и FMRF-амида в апикальном органе препланул и зрелых планул *A. aurita*. У *G. loveni* серотонин также показан в апикальном органе, но только у зрелой планулы. Апикальный орган находится на переднем полюсе личинки и состоит из столбчатых эктодермальных клеток (более высоких, чем в окружающей эктодерме). В апикальном органе содержатся нейрональные клетки, благодаря чему его считают сенсорной структурой, позволяющей личинке получать внешние сигналы.