

## Метаболические и молекулярные особенности адаптации гидробионтов к условиям экстремальной гипоксии, аноксии и гипотермии

А. А. СОЛДАТОВ<sup>1</sup>, Т. И. АНДРЕЕНКО<sup>1</sup>, И. А. ПАРФЕНОВА<sup>2</sup>, И. В. ГОЛОВИНА<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт биологии южных морей НАН Украины, г. Севастополь, АР Крым

<sup>2</sup>Таврический национальный университет, г. Симферополь

## Metabolic and Molecular Adaptive Peculiarities of Hydrobionts to Extreme Hypoxia, Anoxia and Hypothermia Conditions

A.A. SOLDATOV<sup>1</sup>, T.I. ANDREYENKO<sup>1</sup>, I.A. PARFENOVA<sup>2</sup>, I.V. GOLOVINA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute of Biology of the Southern Seas National Academy of Sciences of Ukraine, Sevastopol, Crimea, Ukraine

<sup>2</sup>Tavrisheskiy National University, Simferopol, Ukraine

В условиях эксперимента исследовали влияние экстремальной гипоксии, аноксии и гипотермии на метаболические процессы, состояние молекулярных систем транспорта и утилизации кислорода у ряда морских рыб и моллюсков.

Среди представителей донной ихтиофауны выявлена группа видов, у которых в условиях крайнего дефицита кислорода и гипотермии реализуется комплекс адаптивных изменений на уровне молекулярных систем. В условиях внешней гипоксии организм этих рыб допускает быстрое снижение напряжения кислорода в артериальной крови и скелетных мышцах без видимых признаков развития анаэробноза. В клеточных системах отмечено сбалансированное угнетение метаболических и мембранных функций. Это выразилось в снижении активностей ряда ферментов: Na<sup>+</sup>-, K<sup>+</sup>-АТФ-азы и гексокиназы, при сохранении основных показателей жизнеспособности клеток: градиентов по Na<sup>+</sup> и K<sup>+</sup> на мембране и внутриклеточной концентрации АТФ.

Кровь рыб, устойчивых к гипоксии, обладала одновременно высоким сродством к кислороду и повышенной чувствительностью к рН (эффект Бора). Это качество становилось еще более выраженным в условиях дефицита кислорода. Оно определялось свойствами гемоглобина и не зависело от условий внутриэритроцитарного микроокружения (концентрации НТФ, Mg<sup>2+</sup>). В гемоглобиновой системе при помощи диск-электрофореза в ПААГ был выявлен компонент, имеющий низкие значения показателя P<sub>50</sub> и коэффициента Хилла при выраженном эффекте Бора и слабом эффекте Рута. Его содержание в крови существенно повышалось в условиях внешнего дефицита кислорода и направленно изменяло кислородосвязывающие характеристики крови в целом. Дыхательная цепь митохондрий скелетных мышц рассмотренных видов имела нескомпенсированный тип стехиометрии с повышенным содержанием цитохромов терминальной группы (aa<sub>3</sub>). Отношение b/aa<sub>3</sub> было меньше единицы. Это способствовало утилизации следовых количеств тканевого кислорода.

Исследование особенностей течения метаболических процессов в организме моллюсков показало, что виды (*Anadara inaequalis* Br.) способные существовать в условиях гипоксии и аноксии имеют сниженные кислородные потребности и активно используют белковые субстраты в энергетическом обмене. Их ткани располагают повышенным пулом свободных аминокислот, донором которых выступает гепатопанкреас. Отличительной чертой этих моллюсков является высокоэффективный анаэробный ферментативный комплекс, представленный малатдегидрогеназой, аланин- и аспартатаминотрансферазами. Он позволяет функционировать организму в условиях дефицита кислорода без накопления токсических метаболитов (лактата).

The effects of extreme hypoxia, anoxia and hypothermia on metabolic processes, state of molecular systems of oxygen transport and utilisation in some sea-fishes and shells, have been investigated.

The group of species with realising the complex of adaptive changes under conditions of extreme oxygen deficiency and hypothermia at the level of molecular systems, has been revealed among the representatives of bottom-living fish fauna. Under outer hypoxia the organism of these fishes allows a rapid decrease of oxygen tension in arterial blood and skeletal muscles with no visible signs of anaerobiosis development. A balanced suppression of metabolic processes and membrane functions was noted in cell systems. This was manifested in a decrease in activities of some enzymes: Na<sup>+</sup>-, K<sup>+</sup>-ATPase and hexokinase with preserved main indices of cell viability: gradients by Na<sup>+</sup> and K<sup>+</sup> on membrane and ATP intracellular concentration.

Blood of fishes, resistant to hypoxia had simultaneously a high affinity to oxygen and an increased sensitivity to pH (Bohr effect). These parameters were much more manifested under oxygen deficiency. They were determined by hemoglobin properties and did not depend on endoglobular microenvironment conditions (NTP, Mg<sup>2+</sup> concentrations). The component with low values of P<sub>50</sub> index and Hill coefficient under manifested Bohr and slight Root effects was revealed in hemoglobin system using the disk-electrophoresis in PAAG. Its content in blood significantly increased under conditions of external oxygen deficiency and directly changed the oxygen-binding blood characteristics in a whole. Respiratory mitochondrial chain of skeletal muscles of considered species was of non-compensated stoichiometry type with an increased content of cytochromes of terminal group (aa<sub>3</sub>). The ratio b/aa<sub>3</sub> was less than one. This contributed to utilisation of tissue oxygen trace quantities.

Research of peculiarities of metabolic processes course in shell organism has demonstrated that the species (*Anadara inaequalis* Br.) capable to live under hypoxia and anoxia conditions have the reduced oxygen needs and actively utilise protein substrates in energetic metabolism. Their tissues possess an increased pool of free aminoacids, which donor is hepatopancreas. A distinctive feature of these shells is a highly efficient anaerobic enzyme complex, presented by malate dehydrogenase, alanine- and aspartate aminotransferases. It enables an organism functioning under conditions of oxygen deficiency with no toxic metabolite (lactate) accumulation.