

ЭКОЛОГИЯ МОРЕЯ



26

1987

**PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL PECULIARITIES
OF THE SOMATIC AND GENERATIVE PRODUCTION FORMATION
IN THE BLACK SEA FISH POPULATIONS (JACK MACKEREL,
GOATFISH, PICKARELS AND WHITINGS)**

Summary

The specific somatic and generative production is determined in populations of four species of the Black Sea fishes (jack mackerels, goatfish, pickarels and whittings) during the full-years cycle. It proved to be closely connected with temperature conditions of habitat. The formation of somatic and generative product in thermophilic jack mackerel and goatfish occurs in the warm period of the year. The same processes in the cryophilic whiting occur in winter (somatic products) and in summer (generative products). Pickarel occupies an intermediate position. If fat is the main source of the reserve energy for jack mackerel, goatfish and pickarel, the whiting takes it from protein.

УДК 591:577:597

И. В. ЭМЕРЕТЛИ

**АКТИВНОСТЬ ФЕРМЕНТОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБМЕНА
В ТКАНЯХ РЫБ РАЗНОЙ ЕСТЕСТВЕННОЙ ПОДВИЖНОСТИ**

Одной из важнейших проблем в экологической физиологии рыб является исследование физиолого-биохимических основ адаптаций видов в изменяющихся условиях среды. Для глубокой характеристики адаптаций используется такой тонкий показатель особенностей биологических процессов, как активность ферментов [1, 3, 5]. К сожалению, нередко биохимики и физиологи не принимают во внимание эколого-физиологические особенности исследуемых животных, в частности ритмичность метаболических процессов на протяжении годовых жизненных циклов рыб. Целью настоящей работы было исследовать эколого-физиологические особенности активности ферментов энергетического обмена у малоподвижных и быстроплавающих рыб на протяжении годового цикла.

Материал и методы. Материалом для исследования служили мало-подвижная донная скорпена *Scorpaena porcus* L., хищник-засадчик и подвижная пелагическая ставрида *Trachurus mediterraneus ponticus* Aleev, активно разыскивающая пищу. Для анализа использовали половозрелых рыб, выловленных в районе Севастополя. Сбор материала проводили в различные сезоны года. Исследование охватывает полностью годовой цикл каждого вида рыб.

Определяли активность цитоплазматической ЛДГ, митохондриальных СДГ и АТФазы в печени, красных и белых мышцах — тканях, обеспечивающих высокий функциональный уровень организмов. Активности СДГ, одного из важнейших ферментов цикла Кребса, и ЛДГ, заключительного фермента гликолиза, были взяты в качестве показателей аэробного и анаэробного обмена соответственно. АТФазную активность исследовали для оценки интенсивности окислительного фосфорилирования. В качестве дополнительных показателей особенностей метаболизма в тканях рыб использовали содержание белка и фосфора неорганического (Фн) в митохондриях. Определение активности ЛДГ, СДГ и содержания белка биуретовым методом вели, как описано ранее [6, 7]. АТФазную активность митохондрий определяли по изменению содержания Фн в среде инкубации [4]. Измерение активности ферментов проводили при 25 °С. Активность ЛДГ выражали в микромолях окисленного НАД-Н в минутах на миллиграмм белка супернатанта, активность СДГ — в микромолях сукцината в минутах на миллиграмм

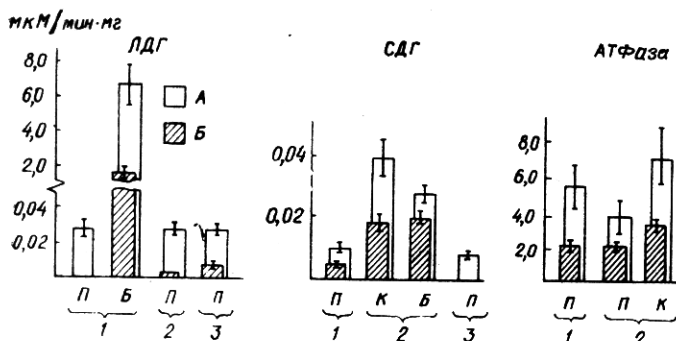


Рис. 1. Активность ЛДГ, СДГ и АТФазы в тканях ставриды (А) и скорпены (Б). Активность ферментов выше у ставриды, $p < 0.05$. Здесь и на рис. 2, 3:

П — печень, К — красные мышцы, Б — белые мышцы; 1 — преднерестовый, 2 — нерестовый, 3 — посленерестовый, 4 — зимовальный периоды. Вертикальные линии на столбцах — средняя квадратическая ошибка m

белка митохондрий, АТФазную активность — в микромолях Фн в минутах на миллиграмм белка митохондрий.

Результаты и обсуждение. У исследованных рыб разной подвижности на протяжении годового цикла установлены существенные различия в ферментативной активности, содержании Фн и белка в митохондриях печени, красных и белых мышц. На рис. 1, 2 представлены показатели, по которым ставрида достоверно превышает скорпену ($p < 0.05$). Немногочисленные показатели, уровень которых достоверно выше в некоторые периоды годового цикла у скорпены, представлены на рис. 3.

В печени подвижной ставриды по сравнению с малоподвижной скорпеной выше активность ЛДГ, СДГ и АТФазы, больше содержится Фн и белка в митохондриях. ЛДГ и СДГ печени ставриды активно работают в трех периодах годового цикла (преднерестовом, нерестовом и посленерестовом), скорпены — только в двух. Таким образом, высокий уровень функциональной активности ставриды обеспечивается интенсификацией в печени анаэробного и аэробного путей продуцирования энергии, окислительного фосфорилирования, синтеза белка, ферментов в митохондриях, а также, возможно, большим содержанием веществ, в состав которых входит фосфор. Высокие величины исследованных показателей и более продолжительная активная работа ферментов (ЛДГ, СДГ) на протяжении годового цикла указывают на большую интенсивность метаболизма в печени ставриды по сравнению с печенью скорпены.

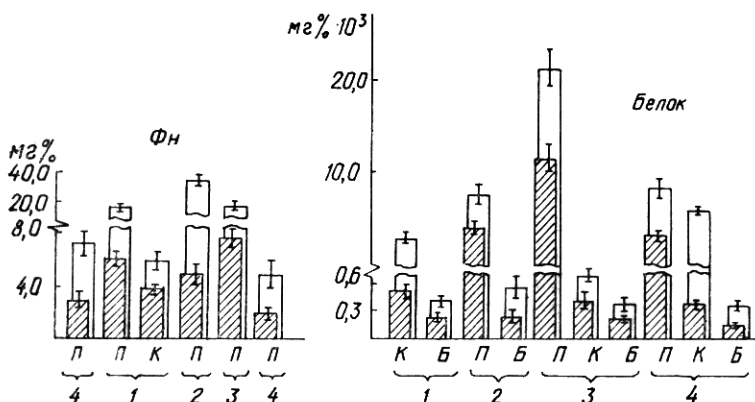


Рис. 2. Содержание Фн и белка в митохондриях тканей ставриды и скорпены, $\text{mg}\%$ на сырую массу ткани. Содержание Фн и белка выше у ставриды, $p < 0.05$

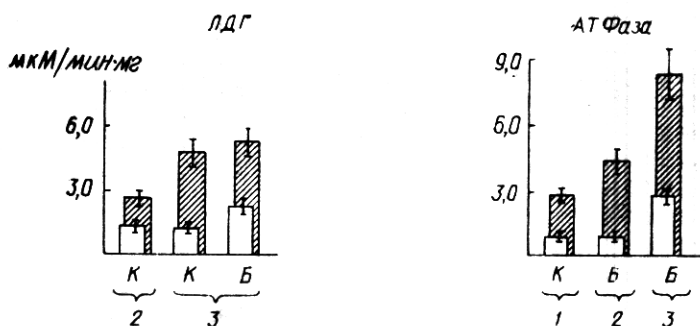


Рис. 3. Активность ЛДГ и АТФазы в тканях ставриды и скорпены. Активность ферментов выше у скорпены, $p < 0,05$

В красных мышцах ставриды выше активность СДГ и ниже — ЛДГ (рис. 1 и 3), вероятно, более интенсивно протекают аэробные процессы и менее интенсивно анаэробные по сравнению со скорпеной. В красных мышцах ставриды максимальная активность АТФазы выше, содержание Фн и белка больше, чем у скорпены (рис. 1, 2). Результаты показывают, что красные мышцы ставриды испытывают большую метаболическую и двигательную нагрузку, что связано со значительными перемещениями. Установленные особенности обмена красных мышц ставриды и скорпены хорошо коррелируют с ультраструктурными особенностями красных мышц рыб разной подвижности. Красные мышцы быстроплавающих рыб характеризуются относительно большим количеством митохондрий, липидных включений, отложений гликогена [2].

По данным Д. Кнокса с соавт. [10], в красных мышцах форели активность фосфофруктокиназы, определяющей скорость гликолиза, вдвое ниже, чем у менее активных трески и камбалы. Я. Джонстон [9] установил, что активности гексокиназы, фосфофруктокиназы, фосфоорилазы, ЛДГ в экстрактах красных мышц рыб различной подвижности (форель, карп) выражаются сходными величинами, за исключением пируваткиназы, активность которой ниже у карпа. Наши результаты показывают, что различия могут быть обнаружены при исследовании всего годового цикла.

В белых мышцах ставриды выше максимальная активность ЛДГ и СДГ, больше содержится белка в митохондриях по сравнению со скорпеной. Однако АТФазная активность белых мышц выше у скорпены (рис. 3). Вероятно, это связано с необходимостью обеспечить высокую скорость сокращения мышцы при броске у скорпены, хищника-засадчика.

Литературные данные подтверждают большую активность ферментов анаэробного и аэробного обменов в белых мышцах подвижных рыб по сравнению с менее подвижными. У карпа активность гексокиназы, фосфофруктокиназы, фосфоорилазы, пируваткиназы, ЛДГ в 2—5 раз ниже, чем у форели [9]. Активность фосфофруктокиназы белых мышц уменьшается в ряду форель — треска — камбала [10]. На увеличение активности ЛДГ и МДГ белых мышц подвижных видов указывают результаты определения активности этих ферментов у 28 видов морских рыб [11]. В белых мышцах морских мигрирующих пелагических рыб активность СДГ больше, чем у немигрирующих [8].

Полученные нами результаты в целом указывают на большую интенсивность метаболизма в исследованных тканях ставриды по сравнению со скорпеной. Двигательная активность накладывает отпечаток и на степень различий между красными и белыми мышцами у каждого вида рыб по исследованным биохимическим показателям.

Красные и белые мышцы ставриды значительно отличаются по активности ЛДГ, СДГ и АТФазы. Активность ЛДГ в красных мышцах

ставриды во все периоды работы фермента (преднерестовый, нерестовый и посленерестовый) в 2—3 раза меньше, чем в белых ($p < 0,05$). Гораздо меньшую активность ферментов анаэробного гликолиза в красных мышцах форели по сравнению с белыми мышцами установил Я. Джонстон [9]. Красные мышцы ставриды значительно превышают белые по активности СДГ и АТФазы в нерестовый период ($p < 0,05$).

В противоположность ставриде у скорпены различия между красными и белыми мышцами в активности ЛДГ, СДГ и АТФазы слабо выражены. Аналогичную закономерность в отношении ферментов гликолиза в белых и красных мышцах карпа показывают данные Я. Джонстона [9]. Белые мышцы скорпены характеризуются в основном тенденцией к большей активности ЛДГ, СДГ и АТФазы по сравнению с красными. Только в нерестовый период в активности ЛДГ и в посленерестовый период в активности АТФазы красных и белых мышц скорпены имеются достоверные различия ($p < 0,05$).

Можно заключить, что с увеличением плавательной активности рыб увеличиваются различия в интенсивности и направленности энергетического обмена в красных и белых мышцах, происходит перераспределение активности ферментов энергетического обмена. Одновременно происходят изменения в ультраструктуре мышц [2].

Результаты исследования показывают, что биохимические и эколого-физиологические особенности видов находятся в тесной связи друг с другом. Адаптация к среде идет на всех уровнях биологической организации и носит комплексный характер.

1. Вержбинская Н. А., Савина М. В. Основные направления эволюции тканевого энергетического обмена в ряду позвоночных // Журн. эволюц. биохимии и физиологии. — 1965. — 1, № 1. — С. 26—31.
2. Граф И. А. Ультраструктура скелетных мышц черноморских рыб с различной естественной подвижностью // Биология шельфовых зон Мирового океана: Тез. докл. II Всесоюз. конф. по мор. биологии. — Владивосток: ДВНЦ, 1982. — Ч. 2. — С. 156—157.
3. Кузьмина В. В. Сезонные и возрастные изменения активности α -амилазы у леща *Abramis brama* // Вопр. ихтиологии. — 1980. — 20, вып. 1. — С. 128—133.
4. Туракулов Я. Х., Кургульцев Л. И., Гагельянц А. И. Метод определения неорганического фосфора в биологических объектах // Биохимия. — 1967. — 32, вып. 1. — С. 106—110.
5. Хочачка П., Сомеро Дж. Стратегия биохимической адаптации. — М.: Мир, 1977. — 398 с.
6. Эмеретли И. В. Активность лактатдегидрогеназы в тканях рыб Черного моря // Экология моря. — 1981. — Вып. 7. — С. 57—60.
7. Эмеретли И. В. Активность сукцинатдегидрогеназы в митохондриях тканей рыб Черного моря // Там же. — С. 60—63.
8. Fucuda H. Difference of succinate dehydrogenase activity between various fishes and fish-organs // Bull. Jap. Soc. scient. Fishs. — 1958. — 24, N 1. — P. 24—28.
9. Johnston I. A. A comparative study of glycolysis in red and white muscles of the trout (*Salmo gairdneri*) and mirror carp (*Cyprinus carpio*) // J. Fish. Biol. — 1977. — 11, N 1. — P. 575—588.
10. Knox D., Walton M. J., Cowey C. B. Distribution of enzymes of glycolysis and gluconeogenesis in fish tissues // Mar. Biol. — 1980. — 56, N 1. — P. 7—10.
11. Sullivan K. M., Somero G. N. Enzyme activities of fish skeletal muscle and brain as influenced by depth of occurrence and habits of feeding and locomotion // Mar. Biol. — 1980. — 60, N 2/3. — P. 91—99.

Ин-т биологии юж. морей
им. А. О. Ковалевского АН УССР,
Севастополь

Получено
26.04.85

ACTIVITY OF ENERGY METABOLISM ENZYMES IN TISSUES OF FISHES OF DIFFERENT NATURAL MOBILITY

Summary

The ecological and physiological peculiarities of the energy metabolism enzyme activity have been studied in the low-mobile *Scorpaena porcus* L. and high-speed *Trachurus mediterraneus ponticus* Aleev during the full-year cycle. The activity of cytoplasmic LDH, mitochondrial SDN and ATPase was determined in liver, red and white muscles of fishes. The content of protein and inorganic phosphorus (Pi) in tissue mitochondria were used as additional indices of metabolism peculiarities in fish tissues. Activity of energy metabolism enzymes, Pi and protein content in mitochondria of the above fish similar as to systematic position and biology but differing in the natural mobility level are found to be considerably different. In the most periods of the year cycle the value of the studied indices is higher in tissues of the mobile *Trachurus mediterraneus ponticus* Aleev.

УДК 576.895.122

В. М. НИКОЛАЕВА

ФОРМА ТЕЛА МАРИТ ДИДИМОЗОИД

Форма тела трематод Didymozoidae имеет большое значение в систематике данного семейства [1, 2, 4—6], для трематод других семейств это чаще вспомогательный признак. Анализу подвергнуто все разнообразие формы тела марит семейства, насчитывающего 237 видов. Форма тела марит Didymozoidae в отличие от трематод других семейств характеризуется большим разнообразием. Наряду с лентовидной, волосовидной формой имеются виды округлые, овальные, яйцевидные, кольцевидные и иной формы. Дидимозоиды локализуются в различных органах и тканях рыбы. В одном и том же органе, например в жабрах, встречаются и нитевидные, и округлые, и виды с иной формой тела. Большая часть видов дидимозоид заключена в цисты, но при разной локализации среди представителей почти всех подсемейств имеются виды, лишенные цисты. Циста дидимозоид овальной, округлой, эллипсовидной, шаровидной, дисковидной, веретеновидной, цилиндрической, четковидной, фасолевидной или плоской прямоугольной формы. Она может быть висячей и на «ножке».

Одним из показателей, позволяющих оценить форму тела у животных вообще, а у паразитов в частности, является отношение ширины тела к длине I/L . Цель настоящей работы — исследование отношения I/L у марит и цист дидимозоид.

Материал и методика. Отношение ширины тела к длине рассчитано у представителей пяти подсемейств дидимозоид, включающих до 70% известных видов. Для сравнения проанализировано I/L у дидимозоиды с кольцевидной формой тела. Исследовано 94 вида (39,7%) из 29 родов, 391 экз., в том числе 46 экз. цист. Форма тела рассмотрена в связи с локализацией.

При описании вида трематод принято приводить только максимальную ширину тела. В ряде случаев этого совершенно недостаточно. Для трематод с изменяющейся (неодинаковой по всей длине) шириной тела, например для самки *Gonapodasmius kovaljovae* Nikolaeva et Gaevskaia, 1985 (рис. 1), максимальная ширина не показательна. Здесь необходима средняя ширина, вычисленная нами по 10—20 измерениям каждого экземпляра. Подобное замечание правомочно, видимо, и для трематод других семейств.

Результаты и их обсуждение. У представителей подсемейства Nematobothriinae с лентовидной и волосовидной формами тела I/L очень мало и колеблется (таблица) от $1,25 \times 10^{-4}$ у *Nematobothrioides histodii* (Noble, 1974) — паразита мышц луны-рыбы, достигающего в длину