

ЭКОЛОГИЯ МОРЯ



26

1987

УДК 597:591.134(262.5)

Г. Е. ШУЛЬМАН, С. Ю. УРДЕНКО, В. А. ГЕТМАНЦЕВ

ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ СОМАТИЧЕСКОЙ И ГЕНЕРАТИВНОЙ ПРОДУКЦИИ В ПОПУЛЯЦИЯХ ЧЕРНОМОРСКИХ РЫБ (СТАВРИДЫ, СУЛТАНКИ, СМАРИДЫ И МЕРЛАНГА)

Ставрида, султанка, смарида и мерланг — массовые черноморские рыбы, играющие существенную роль в экосистеме шельфа. Они достаточно четко отличаются друг от друга эколого-физиологическими особенностями. Ставрида (*Trachurus mediterraneus ponticus* Aleev) — теплолюбивый придонно-пелагический хищник, обладающий высокой естественной подвижностью; султанка (*Mullus barbatus ponticus* Essipov) — теплолюбивый бентофаг, значительно менее подвижный, чем ставрида; мерланг (*Odontogadus merlangus euxinus* (Nordmann)) — холодолюбивый придонный хищник со сравнительно низкой подвижностью; смарида (*Spicara flexuosa* Pusanov) — придонная форма, промежуточная по рассмотренным показателям (отношению к температуре, характеру питания, степени подвижности).

Цель исследования — выявить характер образования соматической и генеративной продукции у этих видов. Вероятно, эколого-физиологические особенности накладывают отпечаток на эти конструктивные процессы в жизненном цикле изученных рыб. Удобство в сопоставлении рассматриваемых видов объясняется еще и тем, что у них сравнимые размеры и масса (у старших возрастных групп длина 18—22 см, масса 60—90 г).

Материал и методика. Источниками для расчисления соматической и генеративной продукции у исследованных видов были следующие материалы: по росту массы ставриды [7], султанки [12], смариды [10], мерланга (данные экспериментального конструкторского бюро по подводным исследованиям); по генеративному росту [1, 8, 9, 10]; по химическому составу и калорийности тела [3, 4, 14] и половых продуктов [2, 5, 13]; по возрастному составу популяций [7, 10, 11, 12]. Во всех случаях использованы среднееголетние материалы.

Расчисление проводили по методике, подробно изложенной ранее в отношении хамсы [15] и шпрота [16]. Рассмотрим ее на примере султанки. Рост массы этой рыбы (по данным 60—70-х годов) приведен на рис. 1¹. Суммарная годовая масса ее половых продуктов по отношению к массе тела в момент завершения нереста составляет 39%. Слагаемые этой массы распределяются по месяцам (май—июнь—июль—август) как 2:3:3:2. Допускаем, что доля половых продуктов приблизительно одинакова у рыб разного возраста (на самом деле она меняется не очень сильно). Отсюда находим генеративный прирост (продукцию) для каждой возрастной группы и каждого месяца. Все расчеты ведутся на самках. У султанки (как и у большинства других видов черноморских рыб) численность самок преобладает (отношение 2:1). К тому же доля генеративной продукции самцов составляет всего лишь 10% продукции самок. Таким образом, вклад самцов в общую генеративную продукцию популяции не превышает 5%.

¹ Популяция султанки в подавляющей своей массе состоит из первых трех возрастных групп.

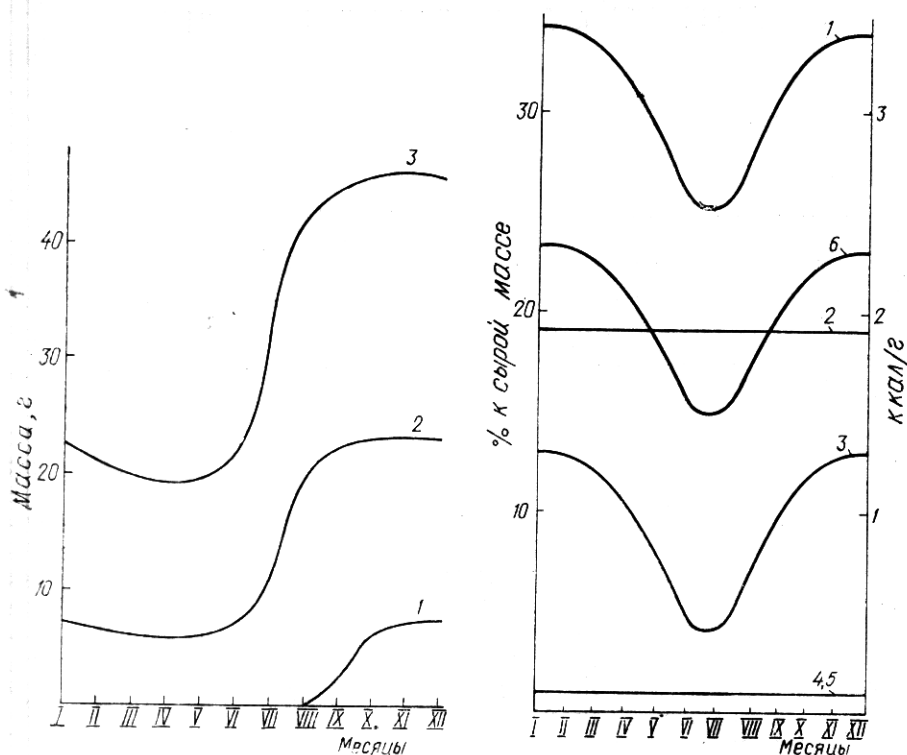


Рис. 1. Рост массы суланки:
1 — сеголетки (0+), 2 — двухлетки (1+), 3 — трехлетки (2+)

Рис. 2. Динамика химического состава и калорийности суланки на протяжении годового цикла:

1 — сухое вещество, 2 — белок, 3 — жир, 4 — гликоген, 5 — сумма минеральных веществ (зола), 6 — калории

Вычтя генеративную продукцию из роста массы рыб, получаем величины соматического роста. Зная же возрастной состав популяции, рассчитываем соответствующие показатели для «средней особи» в популяции. По соматическому росту находим соматические приросты (продукцию) средней особи.

Данные по динамике химического состава и калорийности суланки на протяжении годового цикла представлены на рис. 2¹. По этим данным и величинам соматического прироста вычисляем продукцию соответствующих показателей (сухого вещества, белка, жира, гликогена, суммы минеральных веществ, калорий). Генеративную продукцию рассчитываем по химическому составу и калорийности половых продуктов.

Во всех случаях расчеты ведутся на единицу массы «средней особи» в популяции. Таким образом, рассматривается удельная продукция популяций.

Результаты и их обсуждение. *Ставрида* (рис. 3—5, а). В популяции черноморской ставриды начиная со середины 60-х годов представлена исключительно «мелкая форма». Чтобы устранить влияние на рассматриваемые показатели «крупной формы», анализируются данные, полученные после 1965 года (приросты вычисляли по материалам за 1965—1974 гг.). Образование соматической и генеративной продукции происходит у ставриды в теплое время года. В этом ставрида схожа с теплолюбивой хамсой [15]. Однако у ставриды оба рассматриваемых процесса смещены друг относительно друга в гораздо большей степени, чем у хамсы. Образование генеративной продукции у ставриды

¹ Возрастные различия рассматриваемых показателей у суланки несущественны.

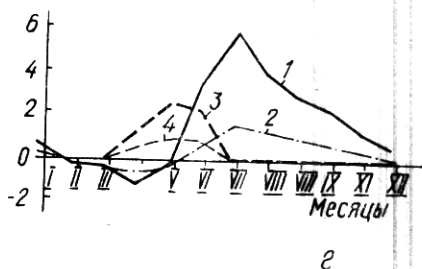
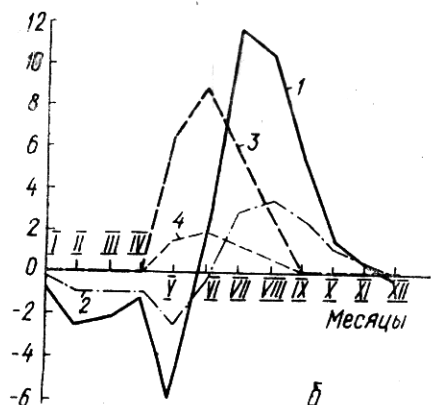
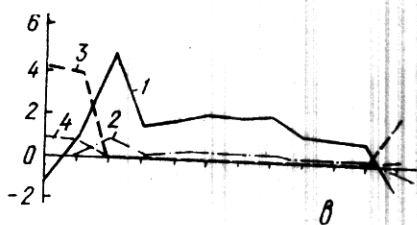
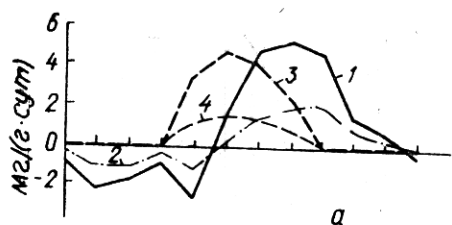


Рис. 3. Соматический (ΔW_s) и генеративный (ΔW_g) приросты сырого и сухого вещества в популяциях рыб:
а — ставрида, б — султанка, в — мерланг, г — смарид; 1 — $\Delta W_{сыр}$, 2 — $\Delta W_{ссыр}$, 3 — $\Delta W_{сыр}$, 4 — $\Delta W_{гсыр}$

начинается на два месяца раньше и на два месяца раньше заканчивается по сравнению с соматической продукцией. Обращают на себя внимание «ножницы» (разнонаправленность) в образовании генеративной и соматической продукции в весенние месяцы. Совершенно очевидно, что генеративная продукция у ставриды образуется не только за счет пищи, но и за счет веществ самого тела рыбы. Об этом свидетельствуют отрицательные значения соматической продукции (расходование вещества и энергии) в первую половину года. Если в январе—марте вещества тела (преимущественно жир, а также белок) расходуются на энергетическое обеспечение зимовки, то в апреле—мае на фоне интенсивного потребления пищи эти вещества, несомненно, используются для энергетического и пластического обеспечения процессов генеративного синтеза. Об этом убедительно свидетельствуют данные, полученные на многих видах рыб [20—23, 25].

Султанка (рис. 3—5, б). Сроки образования соматической и генеративной продукции совпадают с этими же процессами у ставриды. Это, очевидно, отражает сходство обоих видов по отношению к температурным условиям обитания. Наблюдаются такое же смещение процессов друг относительно друга и такие же «ножницы» в образовании генеративной и соматической продукции в весенние месяцы. У султанки эти феномены выражены еще более резко, чем у ставриды (за счет более интенсивной мобилизации жира и белка зимой и весной и большего образования соматической и генеративной продукции летом).

Мерланг (рис. 1—4, в). У мерланга подобно шпроту [16] процессы образования соматической и генеративной продукции разобщены во времени. Генеративная продукция образуется в холодные месяцы, соматическая — весной, летом и осенью (весенний пик связан с ростом неполовозрелых сеголетков). Следовательно, холодолюбивый мерланг является таким же «антиподом» теплолюбивым ставриде и султанке, как холодолюбивый шпрот — теплолюбивой хамсе.

В противоположность хамсе, шпроту, ставриде и султанке мерланг в качестве основного источника резервной энергии использует не жир, а белок. В этом отношении в Черном море аналогами мерланга являются бычки и скорпена [14, 17]. Известно, что рыбы, не образующие

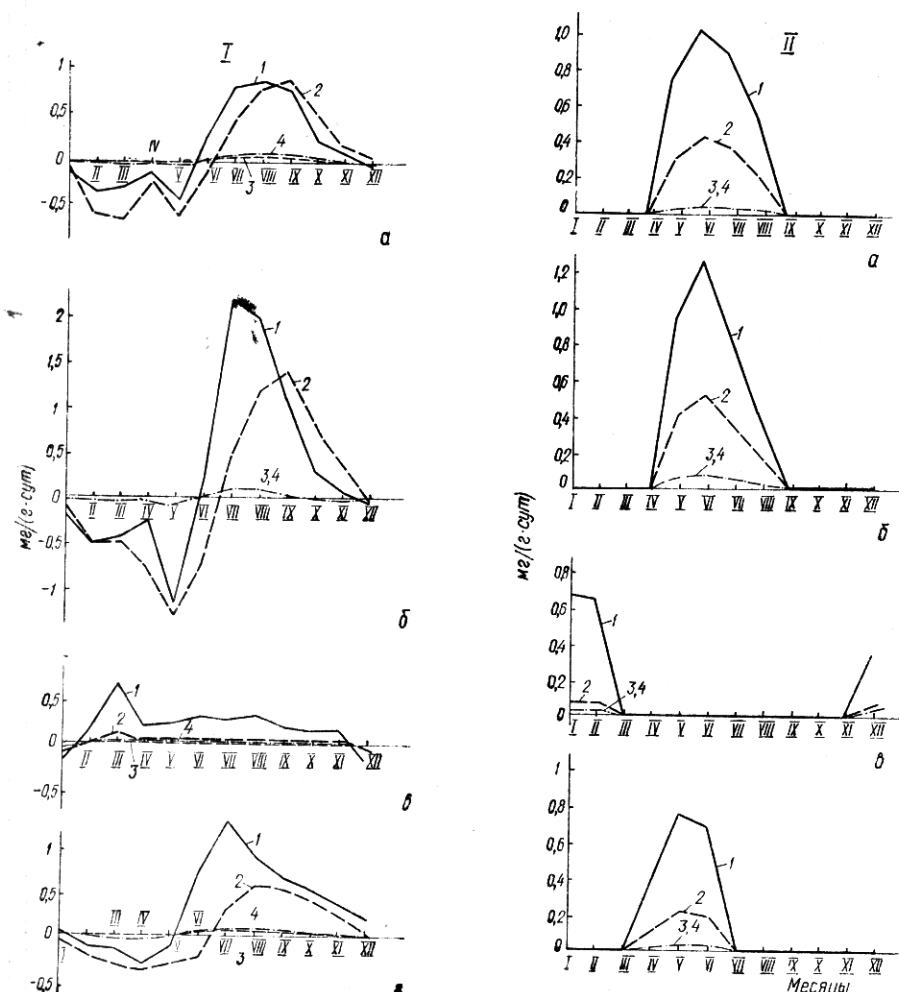


Рис. 4. Соматический (I) и генеративный (II) приросты белка, жира, гликогена и суммы минеральных веществ в популяциях рыб: *а* — ставрида, *б* — султанка, *в* — мерланг, *г* — смарида; 1 — белок, 2 — жир, 3 — гликоген, 4 — сумма минеральных веществ

значительных жировых запасов, в качестве основного резервного вещества используют белок [14, 18, 19, 21, 24].

Смарида (рис. 3—5, *г*). По срокам образования соматической и генеративной продукции занимает промежуточное положение между теплолюбивыми и холодолюбивыми черноморскими рыбами. Эти процессы у смариды в значительной степени разделены, но не так сильно, как у мерланга и шпрота. Генеративная продукция образуется весной и в начале лета, соматическая — летом и осенью. Образование генеративной продукции происходит на фоне расходования жира и белка тела.

Таким образом, отношение к температурным условиям обитания оказывает определяющее влияние на сроки и характер образования соматической и генеративной продукции черноморских рыб. Очевидно, такое влияние может быть как прямым, так и «опосредованным» — через обеспеченность пищей.

В заключение приводим величины годовой удельной продукции популяций (таблица). Сравнение продукции всех четырех видов удобней всего проводить по Р/В-коэффициентам. Самые высокие Р/В-коэффициенты оказались у султанки. Затем следует смарида. Самые низкие Р/В-коэффициенты у ставриды. Из всех исследованных видов численность популяции определена только у ставриды [7]. Однако, по кос-

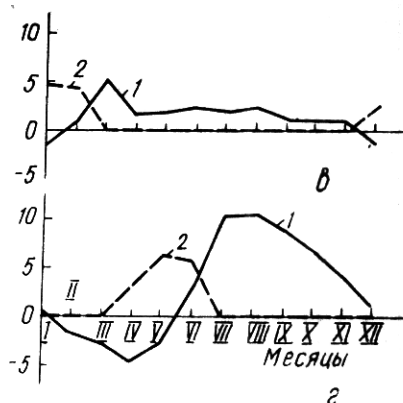
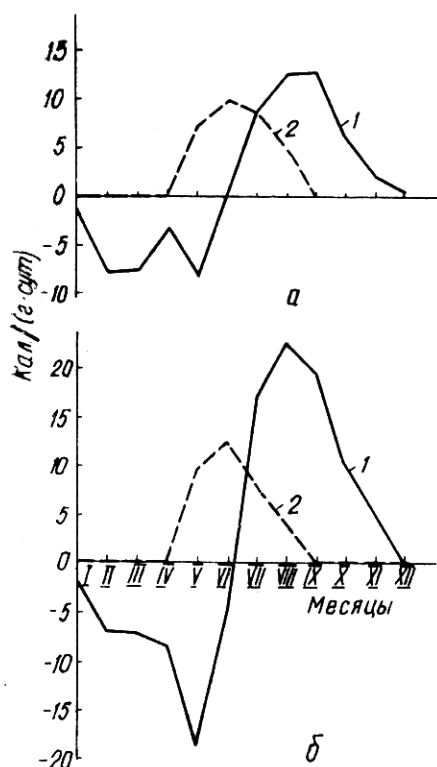


Рис. 5. Соматический (1) и генеративный (2) приросты «энергетического эквивалента» в популяциях рыб: а — ставрида, б — султанка, в — мерланг, г — смарида

венным данным, можно считать, что численность и биомасса ставриды выше, чем трех остальных видов [6]. По-видимому, более высокая численность ставриды по сравнению с султанкой, смаридой и мерлангом достигается «экстенсивным путем», т. е. не за счет более эффективного продуцирования, а за счет большей исходной биомассы, связанной с освоением более обширных ареалов и использованием более «емкой» кормовой базы, которую предоставляет пелагиаль.

Годовая удельная продукция (Р, г) популяций ставриды, султанки, смариды и мерланга (на 1 г массы за год)

Показатель	Ставрида	Султанка	Смарида	Мерланг
P_s сырое вещество	0,39	0,55	0,63	0,49
P_g сырое вещество	0,43	0,72	0,20	0,31
P_s сухое вещество	0,08	0,13	0,18	0,09
P_g сухое вещество	0,14	0,16	0,07	0,06
P_s белок	0,05	0,10	0,13	0,07
P_g белок	0,10	0,10	0,05	0,05
P_s калории, Ккал	0,48	0,76	1,04	0,53
P_g калории, Ккал	0,91	1,00	0,46	0,35
P_Σ сырое вещество	0,82	1,27	0,83	0,80
сухое вещество	0,22	0,29	0,25	0,16
белок	0,15	0,20	0,19	0,12
калории, Ккал	1,39	1,76	1,49	0,88
P_g/P_s сырое вещество	1,40	1,31	0,31	0,63
сухое вещество	1,82	1,23	0,41	0,68
белок	1,79	1,00	0,40	0,72
калории	1,91	1,32	0,44	0,66
P/B сырое вещество	0,74	1,27	0,83	0,80
сухое вещество	0,74	0,93	0,86	0,82
белок	0,85	1,05	0,90	0,85
калории	0,81	0,88	0,87	0,81

1. Бурдак В. Д. Биология черноморского мерланга // Тр. Севастоп. биол. станции. — 1964, 15. — С. 196—278.
2. Виноградская С. С. Изменение химического состава икры некоторых рыб Черного моря в процессе созревания // Зоол. журн. — 1954. — 33, № 1. — С. 139—148.
3. Доброволов И. С. Динамика на химически състав на сафрида пред българския бряг // Изв. НИИ рибно стоп. и океаногр. — 1967. — № 8. — С. 49—69.
4. Долбиш Г. А., Козюбра Л. П., Христоферзен Г. С. Технохимическая характеристика мерланга и кильки Черного моря // Рыб. хоз-во. — 1980. — № 11. — С. 67—69.
5. Клейменов И. Я. Пищевая ценность рыб. — М.: Пищ. пром-сть, 1971. — 150 с.
6. Костюченко В. А., Павловская Р. М. Динамика численности промысловых рыб и факторы, определяющие урожайность поколений // Основы биологической продуктивности Черного моря. — Киев: Наук. думка, 1979. — С. 279—290.
7. Костюченко В. А., Сафьянова Т. Е., Ревина Н. И. Ставрида // Сырьевые ресурсы Черного моря. — М.: Пищ. пром-сть, 1979. — С. 92—130.
8. Овен Л. С. Особенности овогенеза и характер нереста морских рыб. — Киев: Наук. думка, 1976. — 131 с.
9. Овен Л. С. Размножение // Основы биологической продуктивности Черного моря. — Киев: Наук. думка, 1979. — С. 242—252.
10. Салехова Л. П. Смаридовые рыбы морей Средиземноморского бассейна. — Киев: Наук. думка, 1979. — 170 с.
11. Световидов А. Н. Рыбы Черного моря. — М.: Наука, 1964. — 551 с.
12. Сиротенко М. Д., Данилевский Н. Н. Барабуля // Сырьевые ресурсы Черного моря. — М.: Пищ. пром-сть, 1979. — С. 157—165.
13. Чепурнов А. В. Динамика жировых запасов, качественного состава липидов мышц и гонад у черноморской султанки во время созревания и порционного нереста // Экология моря. — 1980. — Вып. 1. — С. 80—88.
14. Шульман Г. Е. Физиолого-биохимические особенности годовых циклов рыб. — М.: Пищ. пром-сть, 1972. — 366 с.
15. Шульман Г. Е., Урденко С. Ю. Физиолого-биохимические принципы расчисления соматической и генеративной продукции рыб (на примере черноморской хамсы) // Биология моря. — 1985. — № 6. — С. 31—36.
16. Шульман Г. Е., Урденко С. Ю. Сравнительная физиолого-биохимическая характеристика образования соматической и генеративной продукции в популяциях хамсы и шпрота в Черном море // Биология моря. — 1986. — № 1. — С. 53—57.
17. Яковлева К. К., Шульман Г. Е. Соотношение белкового роста и жиронакопления у черноморской скорпены // Биология моря. — Киев, 1977. — Вып. 1. — С. 78—81.
18. Craig J. F. The body composition of adult perch in Windermere with reference to seasonal changes and reproduction // J. Anim. Ecol. — 1977. — 46, N 2. — P. 617—632.
19. Diana J. S., Mackey W. C. Timing and magnitude of energy deposition and loss in the body, liver and gonads of northern pike // J. Fish. Res. Board Can. — 1979. — 36, N 5. — P. 484—487.
20. Glass R. L., Krick T. P., Olson D. L., Thorson R. L. The occurrence and distribution of furan fatty acids in spawning male freshwater fish // Lipids. — 1977. — 12, N 6. — P. 828—836.
21. Love R. M. The chemical biology of fishes. — London; New York: Acad. press, 1980. — Vol. 2. — 943 p.
22. Medford B. A., Mackey W. C. Protein and lipid content of gonads, liver and muscle of northern pike in relation to gonad growth // J. Fish. Res. Board Can. — 1978. — 35, N 2. — P. 213—219.
23. Shackley S. E., King P. E. Protein yolk synthesis in *Blennius pholis* // J. Fish. Biol. — 1978. — 13, N 2. — P. 179—193.
24. Solomon D. J., Brafield A. E. The energetics of feeding, metabolism and growth of perch // J. Anim. Ecol. — 1972. — 41, N 3. — P. 699—718.
25. Wang Tsu-hsiung, Sun Mei-chuan, Gao Han-jiao et al. Changes in the biochemical composition of the ovaries of pondreared *Hypophthalmichthys molitrix* during the reproductive cycle // Acta hydrobiol. sinica. — 1964. — 5, N 1. — P. 103—114.

Ин-т биологии юж. морей
им. А. О. Ковалевского АН УССР, Севастополь
Севастопольское экспериментальное
конструкторское бюро по подводным
исследованиям ВРПО «АзЧеррыба»

Получено
22.04.85

**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