

ПРОВ 98

АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ
им. А. О. КОВАЛЕВСКОГО

ПРОВ 201

Экология моря

РЕСПУБЛИКАНСКИЙ
МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ СБОРНИК

Основан в 1980 г.

Выпуск 3

Институт биологии
южных морей АН УССР
БИБЛИОТЕКА
№ А

КИЕВ «НАУКОВА ДУМКА» 1980

MORPHOLOGY AND NUTRITION OF *CHROMIS CHROMIS* (LINNE) IN THE MEDITERRANEAN AND BLACK SEAS

Summary

Data are presented on morphology and nutrition of *Chromis chromis* (Linne) in the Mediterranean and Black Seas. Essential differences in the body shape under different ecological conditions are found.

Qualitative composition of food and diurnal nutritional requirement are considered. Exponential equations related the body mass and length are calculated for *Ch. chromis* in the Mediterranean and Black Seas.

УДК 576.895.132

А. М. ЩЕПКИНА

ОСОБЕННОСТИ ЛИПИДНОГО СОСТАВА ТКАНЕЙ ЧЕРНОМОРСКОЙ ХАМСЫ В ТЕЧЕНИЕ ГОДОВОГО ЦИКЛА И ПРИ ПОРАЖЕНИИ ЛИЧИНКАМИ НЕМАТОД *CONTRACAECUM ADUNCUM*

В последние годы большое внимание уделяется физиолого-биохимическим исследованиям рыб в связи с проблемой годовых циклов. В работах Г. Е. Шульмана [13, 14], М. Н. Кривобока [1], М. И. Шатуновского [11] показано, что черты метаболизма рыб в различные периоды годового цикла строго специфичны. Особой лабильностью в течение годового цикла отличается липидный обмен [15]. Особенности этого обмена могут быть выяснены при изучении динамики липидного состава различных тканей рыб, поэтому исследовали динамику липидных фракций в течение годового цикла в тканях черноморской хамсы *Engraulis encrassicholus* Aleksandrov, 1927, являющейся одной из важнейших промысловых рыб Черного моря. Ранее при исследовании липидного состава тканей хамсы установлено влияние инвазии личинок нематод *Contracaecum aduncum* (Rud. 1802) Baylis, 1920 на липидные характеристики тканей рыб в период нагула [16]. Представляло интерес проследить динамику липидного состава тканей сильно инвазированной нематодами хамсы в различные периоды годового цикла.

Биологическая характеристика исследованной хамсы

Параметр	Месяц					
	I—II	III	V	VIII	X	XI
Обследовано рыб	52	39	33	15	33	11
Размер рыб $\frac{L}{l}$, м	125 — 152 102 — 139 10,2 — 23,7	133 — 160 114 — 139 13,1 — 25,0	136 — 167 120 — 145 13,4 — 22,8	123 — 144 108 — 126 10,1 — 19,3	125 — 152 108 — 132 11,5 — 23,2	130 — 165 120 — 145 17,0 — 26,5
Масса рыбы, г						
Интенсивность инвазии, экз.	1—1200	7—502	5—680	5—35	2—340	5—167
Обработано проб	106	117	99	45	99	33

Примечание. Экстенсивность инвазии — 100%. L — абсолютная длина, l — длина от рыла до конца чешуйного покрова рыбы.

Материал и методы исследования. Материал был собран на экспедиционных судах АзЧерНИРО в северо-восточной части Черного моря, у берегов Крыма и Кавказа в течение 1976 г. Общая характе-

ристика собранного материала дана в таблице. Для анализа брали свежельовленную рыбу. Исследовали только самок одной размерной группы. Каждую особь подвергали биологическому анализу: взвешивали, измеряли длину, определяли стадию зрелости гонад по шкале В. А. Мейена [3], измеряли массу печени, подсчитывали число нематод в местах их локализации (в полости тела и кишечнике).

В качестве контроля брали слабо зараженных рыб с интенсивностью инвазии 1—24 нематоды. Рыб, инвазированных в количестве 80—1200 экз, считали сильно зараженными.

Для биохимических анализов брали навески (200—400 мг) печени, белых скелетных мышц спины и красных мышц латеральной линии. Все пробы были индивидуальными. Ткань гомогенизировали. Липиды экстрагировали смесью органических растворителей хлороформа и метанола (2:1) по методу Фолча [18]. Липидный экстракт помещали в сушильный шкаф при температуре 50—60°C, после чего его фракционировали смесью растворителей гексан — диэтиловый эфир — ледяная уксусная кислота (73:25:2) в

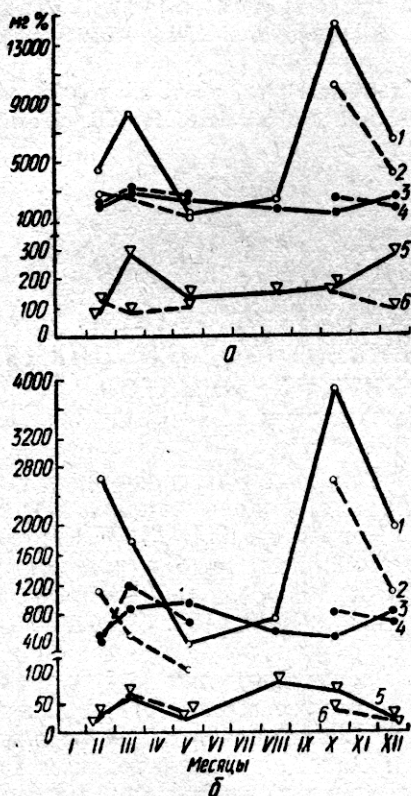


Рис. 1. Изменение концентрации отдельных липидных фракций в печени (а) и белых мышцах (б) хамсы в течение годового цикла:

триглицериды у слабо (1) и сильно (2) зараженной хамсы, фосфолипиды у слабо (3) и сильно (4) зараженной хамсы, неэстерифицированные жирные кислоты у слабо (5) и сильно (6) зараженной хамсы. На всех графиках результаты выражены в мг% на сырую массу ткани.

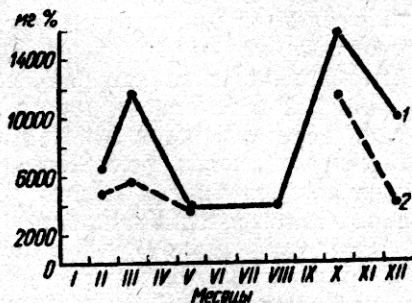


Рис. 2. Изменение суммарной концентрации липидов в печени хамсы в течение годового цикла:

суммарная концентрация липидов у слабо (1) и сильно (2) зараженных рыб.

тонком слое силикагеля [6]. Хроматограммы проявляли парами йода. Количественное содержание отдельных липидных фракций определяли на основе цветных реакций: триглицериды [12], жирные кислоты [19], фосфолипиды [10], холестерин и холестериды [6], экстинкцию регистрировали на ФЭК-56. Результаты обработаны статистически.

Результаты и их обсуждение. Исследование показало, что липиды белых и красных мышц хамсы содержат значительное количество фосфолипидов, триглицеридов, неэстерифицированных жирных кислот (НЭЖК), а также в следовых количествах — холестерин и холестериды. Результаты исследования представлены на рис. 1—4. Каждая точка на графике является средней из 10—15 индивидуальных проб.

Рассмотрим липидный состав печени слабо и сильно зараженной хамсы (рис. 1 и 2). У слабо зараженных рыб основной фракцией (по величине концентрации) в печени являются триглицериды, в зависи-

мости от периода годового цикла она составляет 36—90% суммы липидов. После завершения нагула (октябрь) и в период зимовки (декабрь—февраль) концентрация триглицеридов в печени хамсы снижается. В преднерестовый период (с марта по май) это понижение продолжается; минимальная концентрация триглицеридов в печени наблюдается весной в период нереста. Осенние месяцы характеризуются резким повышением концентрации триглицеридов (максимальная концентрация этой фракции отмечена в октябре во время завершения нагула).

Концентрация фосфолипидов в печени слабо зараженных рыб ниже, чем концентрация триглицеридов во все исследуемые периоды, за исключением периода нереста. Относительное содержание фосфолипидов составляет 9—43% суммы липидов. Значительных изменений в концентрации фосфолипидов в течение годового цикла не отмечено.

Содержание НЭЖК сравнительно невелико (1—3,5%). Увеличение их концентрации наблюдается в начале весеннего и зимовального периодов; в остальное же время концентрация стабильна.

Кривые на рис. 1 и 2 свидетельствуют о том, что характер динамики суммарной концентрации липидов определяется главным образом изменением концентрации триглицеридов.

У сильно зараженной хамсы концентрация триглицеридов в печени в течение годового цикла¹ значительно ниже, чем у слабо зараженной (на 28—63%). Концентрация фосфолипидов в печени сильно инвазированных рыб, так же как и у слабо инвазированных, в течение года изменяется мало. Однако концентрация фосфолипидов у сильно зараженных выше, особенно в осенний сезон, на 42% ($p < 0,01$).

Однако концентрация фосфолипидов у сильно зараженных выше, особенно в осенний сезон, на 42% ($p < 0,01$).

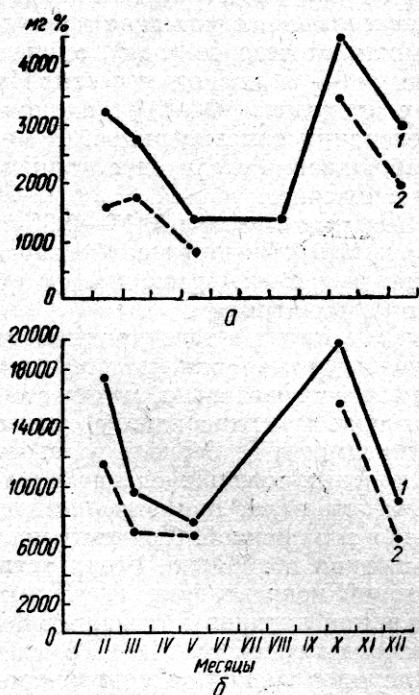


Рис. 3. Изменение суммарной концентрации липидов в белых (а) и красных (б) мышцах хамсы в течение годового цикла: суммарная концентрация липидов слабо (1) и сильно (2) зараженной хамсы.

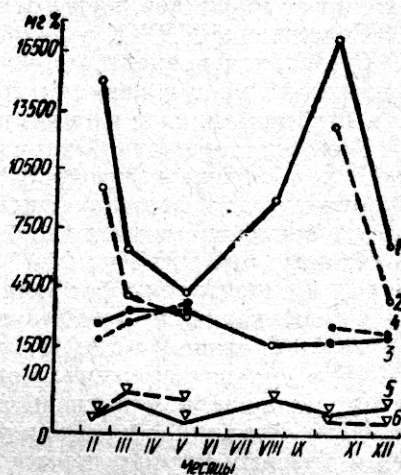


Рис. 4. Изменение концентрации отдельных липидных фракций в красных мышцах хамсы в течение годового цикла:

триглицериды слабо (1) и сильно (2) зараженной хамсы, фосфолипиды слабо (3) и сильно (4) зараженной хамсы, НЭЖК слабо (5) и сильно (6) зараженной хамсы.

Концентрация НЭЖК у сильно зараженной хамсы ниже, чем у слабо зараженной, и относительно стабильна в течение годового цикла.

¹ Сильно зараженные рыбы в августе не исследованы.

В белых мышцах, так же как и в печени, у слабо зараженных рыб основной липидной фракцией являются триглицериды (до 86% суммы липидов). Сезонная динамика этой фракции в осевых мышцах сходна с ее динамикой в печени. Концентрация фосфолипидов в белых мышцах во все периоды годового цикла значительно ниже по сравнению с триглицеридами, за исключением нереста, когда их относительное содержание достигает 71% суммы липидов. Концентрация НЭЖК невелика (0,6—6%) и в целом остается довольно стабильной, за исключением осеннего сезона, когда отмечено значительное ее снижение. Суммарная концентрация липидов в белых мышцах в 2—5 раз ниже, чем в печени (рис. 1 и 3).

У сильно зараженных рыб в белых мышцах, так же как и в печени, максимальные различия отмечены для фракции триглицеридов. Их концентрация у сильно зараженных рыб ниже на 33—69% (в зависимости от периодов годового цикла). Концентрация фосфолипидов и НЭЖК отличалась незначительно от слабо зараженных. Однако в период нагула (август—октябрь) концентрация фосфолипидов в белых мышцах сильно зараженной хамсы выше на 64% ($p < 0,01$), а концентрация НЭЖК вдвое меньше, чем у слабо зараженных рыб. Суммарная концентрация липидов в белых мышцах у сильно зараженных рыб ниже на 22—50% по сравнению со слабо зараженными.

На рис. 3 и 4 представлены результаты, полученные при исследовании красных мышц. Красные мышцы слабо зараженных рыб характеризуются большей концентрацией триглицеридов и общих липидов по сравнению с белыми мышцами. Относительное содержание триглицеридов составляет 56—90% (в зависимости от сезонов года), причем максимум наблюдается осенью, а минимум — в период нереста. На долю фосфолипидов в красных мышцах приходится 9—43%, их концентрация в 2—8 раз ниже, чем концентрация триглицеридов. В период весеннего созревания и нереста наблюдается увеличение концентрации фосфолипидов, далее отмечено ее снижение.

Содержание НЭЖК в липидах красных мышц низкое (0,17—0,5%).

Суммарная концентрация липидов в красных мышцах слабо зараженных рыб во все периоды годового цикла в 2—2,4 раза выше, чем концентрация липидов в те же периоды в белых мышцах.

У сильно зараженной хамсы в красных мышцах в течение годового цикла наибольшие изменения, так же как в белых мышцах и печени, обнаружены для фракции триглицеридов, а следовательно, и для суммарной концентрации липидов. Концентрация триглицеридов у сильно зараженных рыб ниже на 23—36% (в зависимости от периода годового цикла). Концентрация фосфолипидов в красных мышцах сильно инвазированной хамсы в течение года изменяется мало; при этом осенью она на 70% выше ($p < 0,01$), чем у слабо зараженной. Концентрация НЭЖК у сильно зараженной рыбы в основном стабильна. Результаты свидетельствуют о сопряженности изменений концентрации отдельных липидных фракций и суммарной концентрации липидов в печени, в белых и красных мышцах хамсы во все периоды годового цикла. В этих тканях наиболее лабильной фракцией липидов являются триглицериды — основной «энергетический материал» в теле рыб.

Концентрация фосфолипидов более стабильна по сравнению с триглицеридами, что определяется их функциональным значением. Фосфолипиды являются структурными липидами, выполняют важнейшие и многообразные функции в организме. Увеличение концентрации фосфолипидов в печени и белых мышцах в период нереста, вероятно, связано с интенсификацией пластического обмена в связи с генеративным синтезом. Концентрация НЭЖК также меняется мало в годовом цикле.

Существенно различается содержание общих липидов и отдельных

липидных фракций в красных и белых мышцах. Красные мышцы характеризуются более высокой концентрацией триглицеридов и фосфолипидов по сравнению с белыми, что, очевидно, служит показателем высокого уровня окислительных процессов [20]. Более высокая концентрация фосфолипидов, вероятно, связана с повышенной концентрацией митохондрий [2, 17]. Несмотря на высокую концентрацию липидов, красные мышцы не могут депонировать большое количество этих веществ, так как составляют незначительный процент общей массы мышц. Основная масса мышечной ткани хамсы приходится на белые мышцы, поэтому именно в белых мышцах сосредоточены основные запасы триглицеридов, хотя концентрация общих липидов в них в 3—5 раз ниже, чем в красных. Концентрация триглицеридов и фосфолипидов в печени значительно выше, чем в белых мышцах, но так как масса печени составляет ничтожный процент массы тела рыб, она тоже не может быть «липидным депо» хамсы. В печени отмечена также наибольшая концентрация НЭЖК, что свидетельствует о более высокой интенсивности обмена жирных кислот в этом органе по сравнению с белыми и красными мышцами.

Исследование показало, что липидный состав тканей хамсы тесно связан с функциональным состоянием рыб в различные периоды годового цикла. В период зимовки уменьшаются липидные запасы (в основном триглицеридов), что связано с резким снижением интенсивности питания. В преднерестовый период в результате созревания половых продуктов продолжается дальнейшая мобилизация триглицеридов, особенно в белых мышцах. В период нереста запасы липидов в мышцах снижаются до минимального уровня. В период нагула липидные запасы интенсивно накапливаются.

Значительная инвазия личинками нематод *S. aduncum* существенно влияет на липидные характеристики тканей хамсы. В течение годового цикла больше всего изменяется фракция триглицеридов. В период нагула сильно зараженных рыб концентрация триглицеридов меньше на 27—33% (в зависимости от ткани), чем у слабо зараженных. Это может отрицательно повлиять на степень подготовки хамсы к миграциям на места зимовки [14]. В период зимовки концентрация триглицеридов в теле сильно зараженной хамсы на 36—64% меньше, чем у слабо зараженной. Это, безусловно, может сказаться на выживаемости хамсы, поскольку энергетическое обеспечение рыбы в этот период осуществляется исключительно за счет жировых запасов [5]. Поэтому у рыб с низкими жировыми запасами наблюдается массовая гибель в период зимовки [8]. В преднерестовый период концентрация триглицеридов в тканях сильно зараженной хамсы ниже на 33—71% по сравнению со слабо зараженной. Это может повлиять на плодовитость хамсы, качество потомства и его выживаемость, а в конечном итоге — на численность популяции [4, 9]. Концентрация триглицеридов у зараженной хамсы в период нереста на 25—69% ниже по сравнению со слабо зараженной, что приводит к гибели производителей, так как их повышенная смертность также связана со снижением жировых запасов во время нереста [7].

Обращает на себя внимание значительно более высокая концентрация фосфолипидов во всех тканях сильно зараженной хамсы по сравнению со слабо зараженной в период нагула. Пока мы затрудняемся объяснить этот факт.

Согласно нашим данным, сильно зараженная хамса (в зависимости от сезона года) составляет 40—58% общего числа исследованных рыб. Поэтому снижение липидных запасов в любой из периодов годового цикла в результате инвазии личинками нематод *S. aduncum* может серьезно повлиять не только на выживаемость отдельных особей,

но и на воспроизводство и динамику численности популяции в целом.

Выводы. 1. У черноморской хамсы во все периоды годового цикла наблюдается сопряженность изменений концентрации отдельных липидных фракций и суммарной концентрации липидов в печени, белых и красных мышцах.

2. Наиболее лабильной фракцией липидов хамсы являются триглицериды. Отмечается синхронность в динамике концентрации триглицеридов и суммы общих липидов в течение годового цикла. Концентрация фосфолипидов и НЭЖК в исследованных тканях относительно стабильна.

3. В печени и красных мышцах хамсы наблюдаются самые высокие концентрации всех исследованных липидных фракций. Однако белые мышцы из-за большой массы являются основным «липидным депо» в теле рыбы.

4. Особенности физиологического состояния в каждый из периодов годового цикла существенно влияют на липидные характеристики тканей черноморской хамсы.

5. Высокая интенсивность инвазии личинками нематод *Contracaecum aduncum* во все периоды годового цикла определяет количественные характеристики отдельных липидных фракций, особенно триглицеридов.

1. Кривобок М. Н. О роли печени в процессе созревания яичников салаки. — *Вопр. ихтиологии*, 1964, 4, вып. 3, с. 483—494.
2. Лав Р. М. Химическая биология рыб. — М.: Пищ. пром-сть, 1976. — 349 с.
3. Мейен В. А. К вопросу о годовом цикле изменений яичников костистых рыб. — *Изв. АН СССР*, 1939, № 3, с. 389—420.
4. Никольский Г. В. Экология рыб. — М.: Высш. школа, 1963. — 361 с.
5. Поляков Г. Д. Истощение как одна из причин гибели сеголетков карпа во время зимовки. — *Тр. совещ. по физиологии рыб*, 1958, вып. 8, с. 255—260.
6. Прохорова М. Н., Тушикова З. Н. Большой практикум по углеводному и липидному обмену. — Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1965. — 220 с.
7. Ращеперин В. К. Экология размножения бычка-кругляка Азовского моря: Автореф. диссертации канд. биол. наук. — Калининград, 1967. — 27 с.
8. Тараненко Н. Ф. Уровень жировых запасов в теле азовской хамсы как показатель воспроизводительных свойств стада и сроков миграции. — *Тр. Азов.-Черномор. НИИ мор. рыб. хоз-ва и океанографии*, 1964, вып. 22, с. 110—118.
9. Чекурнов А. В. О характере многолетних изменений количества жира в мышцах и икре у черноморской султанки (*Mullus barbaratus ponticus* Essipov) за период созревания и порционного нереста. — В кн.: Энергетические аспекты роста и обмена водных животных. Киев: Наук. думка, 1972, с. 241—243.
10. Шабанова И. А. Количественное определение фосфолипидов в мышце сердца крыс методом тонкослойной хроматографии. — *Биохимия*, 1967, 32, вып. 6, с. 1155—1160.
11. Шатуновский М. И. Изменение биохимического состава печени и крови беломорской речной камбалы во время созревания ее половых продуктов в летне-осенний период. — *Вестн. Моск. ун-та. Биология, почвоведение*, 1967, № 2, с. 22—30.
12. Шепелев В. М. О колориметрическом определении эфирносвязанных кислот. — *Лаб. дело*, 1973, вып. 12, с. 3—5.
13. Шульман Г. Е. Динамика содержания жира в теле рыб. — *Успехи соврем. биологии*, 1960, 49, вып. 2, с. 225—239.
14. Шульман Г. Е. Физиолого-биохимические особенности годовых циклов рыб. — М.: Пищ. пром-сть, 1972. — 368 с.
15. Шенкин В. Я. Динамика липидного состава черноморской ставриды *Trachurus mediterraneus ponticus* в связи с созреванием и нерестом. — *Вопр. ихтиологии*, 1971, 11, вып. 2, с. 333—338.
16. Щепкина А. М. Влияние зараженности *Contracaecum aduncum* на липидный состав тканей черноморской хамсы. — *Биология моря*, Киев, 1978, вып. 45, с. 109—112.
17. George J. C. A histophysiological study of the red white muscles of the mackerel. — *Amer. Midland Naturalist*, 1962, N 2, p. 487—494.
18. Folch I., Lees M., Stanley G. H. S. A simple method the isolation and purification of total lipid from animal tissue. — *J. Biol. Chem.*, 1957, 226, N 1, p. 497—509.
19. Novak M. Colorimetric ultramicro method for the determination of free fatty acids. — *J. Lipid Res.*, 1965, 6, p. 431—433.

20. Wittenberger C. On the function of the lateral red muscle of teleost fisher. — Rev. roum. biol. Ser. Zool., 1967, 122, N 2, p. 139—144.

Институт биологии южных морей
им. А. О. Ковалевского АН УССР

Поступила в редколлегия
03.05.79

A. M. SHCHERPKINA

**PECULIARITIES OF LIPID COMPOSITION
IN THE BLACK SEA ANCHOVY TISSUES DURING
A YEAR CYCLE AND WHEN AFFECTED BY
CONTRACAECUM ADUNCUM LAEVAE**

Summary

The lipid composition of the liver, white and red muscles was studied for the Black Sea anchovy during a year cycle and when it was affected by *Contracaecum aduncum*. It is determined that peculiarities of a physiological state in each period of a year cycle have an essential effect on the lipid characteristics in the anchovy tissues. In all the periods of a year cycle nematodes have the greatest influence on the triglycerides fraction. As compared with slightly infested anchovy, the triglyceride concentration in highly infested anchovy (depending on the tissue) is lower in the pre-winter period, during wintering, in the pre-spawning period and during spawning by 27-33, 33-71, 36-64 and 25-69%, respectively.

УДК 519.2:577.391:591.133.2

В. И. БЕЛЯЕВ, В. М. НИКОЛАЕВ,
Г. Е. ШУЛЬМАН, Т. В. ЮНЕВА

**ИССЛЕДОВАНИЕ ОБМЕНА ХИМИЧЕСКОГО ЭЛЕМЕНТА
МЕЖДУ ОРГАНАМИ РЫБЫ НА ОСНОВЕ
МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
(НА ПРИМЕРЕ ЧЕРНОМОРСКОЙ СКОРПЕНЫ
SCORPAENA PORCUS L.)**

Постановка проблемы. Использование изотопных методов в экологической физиологии животных позволяет получить динамические характеристики метаболизма, которые, с одной стороны, вскрывают механизмы видовых адаптаций, а с другой — являются тонкими индикаторами оценки состояния организмов и популяций в течение жизненного цикла и в меняющихся условиях обитания. В последнее время эти методы широко применяются при изучении метаболизма рыб [6—9], в частности в исследованиях, проведенных на черноморских рыбах — смариде и скорпене. С помощью ^{14}C -ацетата, вводимого в организм, удалось показать особенности общего тканевого, белкового и липидного обмена у рыб с высокой и низкой естественной подвижностью, выявить сезонные метаболические ритмы, а также определить уровень анаболизма и катаболизма в тканях с разной функциональной активностью.

Разрешающая способность используемого метода оказалась значительно более высокой по сравнению с традиционными физиолого-биохимическими методами исследования (например, с методом изучения динамики содержания белков, липидов и других веществ в теле). Можно надеяться, что в ближайшее время данные о состоянии включения и выведения меченых соединений в органах и тканях рыб и беспозвоночных животных будут широко использоваться в эколого-физиологических исследованиях для оценки «степени благополучия» состояния организмов и популяций в естественной среде и при искусственном разведении.