

594.08:591.1
10 51.

ПРОВ 98

ПРОВ 2010

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ УССР
СИМФЕРОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. М.В. ФРУНЗЕ

На правах рукописи

Ю Н Е В А

Татьяна Владимировна

ОСОБЕННОСТИ МЕТАБОЛИЗМА МАЛОПОДВИЖНЫХ РЫБ
(НА ПРИМЕРЕ ЧЕРНОМОРСКОЙ СКОРПЕНЫ) В ПРЕДНЕРЕСТОВЫЙ
И ПРЕДЗИМОВАЛЬНЫЙ ПЕРИОДЫ ГОДОВОГО ЦИКЛА

03.00.13 - физиология
человека и животных

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Симферополь, 1979

Работа выполнена в Институте биологии южных морей
им. А.О.Ковалевского АН УССР

Научный руководитель - доктор биологических
наук Г.Е.ШУЛЬМАН

Официальные оппоненты - член-корреспондент
АН УССР В.Д.РОМАНЕНКО

доктор биологических
наук, профессор
Е.В.ПАРИНА

Ведущая организация: Институт эволюционной
физиологии и биохимии
им. И.М.Сеченова
г.Ленинград

Защита диссертации состоится "___" _____ 1979 г.

в часов на заседании специализированного совета
К.068.43.01 при Симферопольском государственном уни-
верситете им. М.В.Фрунзе по адресу:

Симферополь, ул.Ялтинская 4,

библиотеке
университета

___ 1979 г.

Н.А. Темурьянц

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОБЛЕМЫ. Изучение физиолого-биохимических основ адаптаций, обеспечивающих существование видов и популяций в изменяющихся условиях среды, является важным разделом экологической физиологии животных вообще, и рыб, в частности. В последние годы это направление стало особенно актуальным в связи с интенсивным использованием биологических ресурсов морей и океанов, с одной стороны, и мероприятиями по охране этих ресурсов, с другой.

До настоящего времени физиолого-биохимические основы видовых и популяционных адаптаций исследуются, главным образом, на быстроплавающих рыбах. Вместе с тем представляет несомненный интерес выявить метаболические особенности приспособлений к условиям существования малоподвижных рыб. Эти особенности ведут к крайней специализации их биологии и обеспечивают процветание в биосфере.

Особенности метаболизма малоподвижных рыб важно исследовать в разные периоды годового цикла. Такое исследование помогает вскрыть физиологические ритмы, обеспечивающие осуществление жизненных циклов видов и популяций (Калабухов, 1956; Шульман, 1972).

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ. Изучение особенностей метаболизма малоподвижных рыб мы проводили на примере черноморской скорпены *Scorpaenopsis* — одного из массовых видов, населяющих прибрежные биоценозы. О характере обменных процессов судили по динамике ^{14}C в гомогенатах, белках и липидах тканей скорпены после однократного внутривентрального введения в организм ^{14}C -ацетата.

Исследования проводили весной в преднерестовый и осенью в предзимовальный периоды годового цикла скорпены. В преднерестовый период у скорпены происходит формирование генеративной ткани, ни, начинается соматический рост. В предзимовальный период, а именно в конце его, процессы генеративного синтеза и роста

Институт биологии
южных морей АН СССР

БИБЛИОТЕКА

№

прекращаются, скорпена откочевывает от берегов на глубины. Следовательно, данные об особенностях обменных процессов в эти периоды свидетельствуют о степени подготовленности скорпены к осуществлению нереста и зимовки. Сопоставление особенностей метаболизма в эти периоды важно еще и потому, что температура воды в море в эти периоды была одинаковой и составляла 10-13°. Это позволило исключить влияние температурного фактора на обмен и тем самым выявить непосредственное влияние на метаболизм внутренних ритмов жизнедеятельности рыб.

Представляло интерес также сопоставить данные по включению I^4C в ткани скорпены с аналогичными материалами, полученными на подвижной рыбе. В качестве такой рыбы была взята черноморская смарида (*Spicara smaris*), исследования которой проводились нами ранее (Юнева, 1974; 1975).

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ НАУЧНАЯ НОВИЗНА. Использование I^4C -ацетата при изучении метаболизма скорпены позволило выявить ряд особенностей, ускользавших ранее от внимания исследователей. На большом материале (более 200 экземпляров рыб) впервые получены данные о сезонных различиях в интенсивности и направленности общего (суммарного), белкового и липидного обмена в печени, красных и белых мышцах рыбы с низкой естественной двигательной активностью. Установлена градация в уровнях метаболической активности тканей: интенсивность метаболизма в печени выше, чем в мышцах; красные мышцы по большинству показателей имеют более высокий уровень метаболизма, чем белые. Сопоставление собственных и литературных данных об особенностях метаболизма малоподвижной скорпены и подвижной черноморской рыбы смариды показало, что специализация к малоподвижному образу жизни состоит не только в снижении уровня обмена в целом, как предполагалось ранее, но и в резкой интенсификации отдельных его сто-

рон: высокий уровень белкового и липидного обмена в печени является своеобразной метаболической компенсацией низкого уровня активности мышц.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ настоящей работы состоит в том, что принципы, разработанные на скорпене, могут быть использованы для комплексного анализа особенностей метаболизма и функционального состояния рыб вообще. Эти принципы дают возможность использовать данные по интенсивности и направленности обменных процессов в теле рыб в качестве физиолого-биохимических индикаторов для оценки состояния рыб в различные периоды годового цикла и при различных условиях обитания. Эти индикаторы могут найти применение для анализа популяций массовых видов рыб (в том числе и промысловых) в природной обстановке. Наряду с этим, выявленные особенности метаболизма скорпены как представителя малоподвижных рыб могут иметь общебиологический интерес, поскольку явление малой подвижности широко распространено в животном мире и кроме того в последнее время стало предметом пристального внимания исследователей при решении прикладных проблем.

АПРОБАЦИЯ РАБОТЫ. Результаты исследований доложены на конференции молодых ученых АзЧерНИРО, Керчь, 1973; на Всесоюзном симпозиуме по изученности Черного и Средиземного морей, Севастополь, 1973; конференции молодых ученых ПИНРО, Мурманск, 1974; на III-ей Всесоюзной конференции по экологической физиологии рыб, Киев, 1975; на научном семинаре лаборатории физиологии эндокринных функций ИЭФ, Ленинград, 1978.

ПУБЛИКАЦИИ. По теме диссертации опубликовано 5 научных работ.

ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИССЕРТАЦИИ. Диссертация представлена на 149 страницах машинописного текста и содержит 28 рисунков и 10 таблиц. Диссертация включает введение, обзор литературы, результа-

ты исследований, обсуждение и выводы. Указатель литературы содержит 117 отечественных и 68 зарубежных источников.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. Материал для исследований был собран в апреле-мае и ноябре 1973-1974 гг. в районе Севастополя. Основным объектом исследования была черноморская скорпена. Скорпена, или морской ерш — донный хищник-засадчик. Подавляющую часть времени она проводит неподвижно, лежа среди прибрежных водорослей и скал, лишь изредка скорпена совершает стремительные бросковые движения, захватывая движущуюся добычу.

Всего в работе было использовано 205 экземпляров рыб приблизительно одинакового размера (14-16 см). 75 процентов всех исследованных скорпен составляли самцы. Во время весенних опытов у скорпены наблюдалась 3-4 стадия зрелости половых продуктов, во время осенних — вторая стадия зрелости.

Рыбу отлавливали ставными сетями и акклимировали в течение трех суток к аквариальным условиям. Непосредственно перед опытом рыбам внутрибрюшинно вводили раствор, содержащий $I-I^4C$ -ацетат натрия из расчета 1 мкюри на грамм массы рыбы. Через определенные промежутки времени (от 3-х до 96 часов) рыб декапитировали. На каждую временную точку использовали 6-9 экземпляров рыб. Извлекали ткани: печень, красные и белые мышцы. Навески тканей использовали для гомогенизации, выделения и количественного определения белков и липидов, разделения липидов методом тонкослойной хроматографии.

Липиды экстрагировали из тканей смесью органических растворителей по методу, разработанному Фолчем (Folch et al., 1957). Полученные после экстракции липидов обезжиренные ткани промывали последовательно 5% трихлоруксусной кислотой (ТХУ), горячей

водой, этиловым спиртом (60,80,96%), спиртом-диэтиловым эфиром (3:1) и эфиром. Данный метод обработки применялся при исследовании включения $I^{14}C$ в белки тканей (Журбин и др. 1969;

Сумкова, Гулый, 1970). Разделение липидов на отдельные фракции проводили на стеклянных пластинах, с нанесенным на них слоем силикагеля марки КСК в восходящем потоке смеси растворителей - гексан: диэтиловый эфир: ледяная уксусная кислота (73:25:2). Из пяти полученных липидных фракций анализировали две - количественно доминирующие - фосфолипиды и триглицериды. Для выделения фосфолипидов и триглицеридов их соскабливали с пластин вместе с силикагелем и элюировали (Прохорова, Туликова, 1965).

Гомогенаты, белки, общие липиды, фосфолипиды и триглицериды наносили на металлические планшеты и использовали для счета радиоактивности. Радиометрические определения препаратов проводили с помощью торцового счетчика на малофоновой установке. В полученные величины активностей вносили поправки на фон и самопоглощение, а затем рассчитывали величины удельных активностей веществ.

Результаты выражали в импульсах за минуту на миллиграмм сухого вещества, на грамм сырой ткани, а также на относительное содержание каждой ткани (процент от массы тела)^I.

Строили кривые изменения удельных активностей во времени. Пример таких кривых приведен на рисунке I для гомогенатов тканей. Подобные же кривые построены для белков, общих липидов, фосфолипидов и триглицеридов. Для характеристики метаболизма в тканях использовали следующие параметры этих кривых: максимальный уровень ("масштабы") включения метки, интенсивность включе-

^I Для анализа полученных результатов в основном использовали величины удельных активностей, выраженные в импульсах за минуту на грамм сырой ткани.

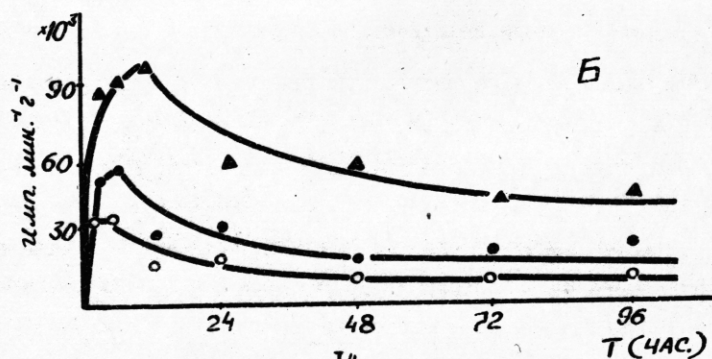
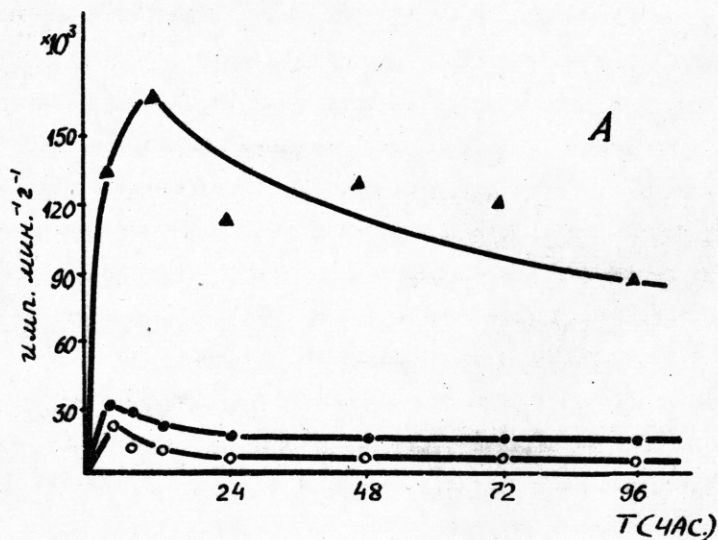


Рис. I Динамика включения ^{14}C в гомогенаты

тканей скорпены в преднерестовый (А) и предзимоваальный (Б) периоды годового цикла.

▲ - печень, ● - красные мышцы, ○ - белые мышцы

ния, а также "масштабы"¹ и интенсивность² выведения метки. При этом, с некоторыми допущениями, принято считать, что максимальная величина включения метки является показателем биосинтетических процессов в тканях, а величина выведения метки дает представление о катаболизме веществ, а также их мобилизации из данной ткани. Совокупность этих характеристик отражает уровень метаболизма в целом. Результаты, полученные с помощью изотопных методов, не полностью отражая абсолютные скорости анаболизма и катаболизма, позволяют, однако, судить об относительных величинах этих процессов при сравнительных исследованиях обмена у животных, принадлежащих к различным экологическим группам, разного возраста, при изменении физиологического состояния и факторов среды, при сравнении метаболизма в разных тканях и т.д. (Тарвер, 1959; Парина, 1967; Хиллман, 1975). Эти представления были использованы в настоящем исследовании.

Материалы были обработаны статистически. Рассчитывали среднее арифметическое ($\bar{M}$), среднее квадратичное отклонение (σ), среднюю ошибку (m), а также достоверность различий ряда параметров (P).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

1. Особенности тканевого метаболизма скорпены в преднерестовый и предзимовальный периоды годового цикла.

Проведенное исследование показало, что в максимальных величинах и интенсивности включения и выведения ^{14}C в тканях скорпе-

¹ Под "масштабами" выведения понимаем абсолютную величину убыли метки к концу эксперимента по отношению к максимальному уровню.

² Интенсивность выведения рассчитывали на участке кривой, где происходит резкий спад удельных активностей, что позволяет уменьшить влияние вторичного включения метки (перемечивания) на этот параметр.

ны в преднерестовый и предзимовальный периоды годового цикла имеются четкие различия (рис.2,3, табл.I). Это, в свою очередь, свидетельствует о значительных различиях в интенсивности и направленности тканевого обмена в указанные периоды.

Таблица I

Интенсивность включения (v_1) и выведения (v_2) $I^{14}C$ гомогенатами, белками и липидами тканей скорпены (в имп./г ткани в час)

Ткани	Преднерестовый период		Предзимовальный период	
	v_1	v_2	v_1	v_2
<u>Печень</u>				
Гомогенаты	I4400	4000	8100	2600
Белки	9100	3000	1800	-
Липиды	25000	-	6400	2000
<u>Красные мышцы</u>				
Гомогенаты	II700	2000	9200	3000
Белки	347	I25	88,5	-
Липиды	3800	I700	500	-
<u>Белые мышцы</u>				
Гомогенаты	9000	5000	5400	2500
Белки	333	I00	48	-
Липиды	I500	500	250	95

Различия в характере тканевого обмена скорпены в преднерестовый и предзимовальный периоды неоднозначны. В одних случаях уровень синтеза и мобилизации веществ в тканях выше в преднерес-

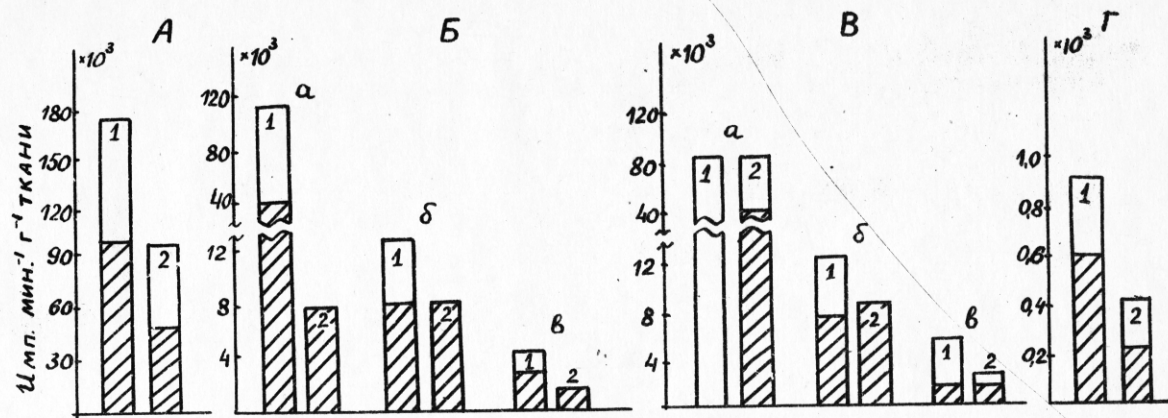


Рис.2 Сезонные различия в характере тканевого обмена у скорпены (показатели обмена выше весной /преднерестовый период/). На этой и всех последующих схемах весь столбик отражает масштабы (максимальный уровень) включения метки, а заштрихованная часть - остаточный уровень метки к концу эксперимента. А - общий (суммарный) обмен в печени; Б, В - белковый и липидный обмен в печени (а), красных (б) и белых (в) мышцах; Г - обмен фосфолипидов в мышцах. 1 - преднерестовый, 2 - предзимовальный период.

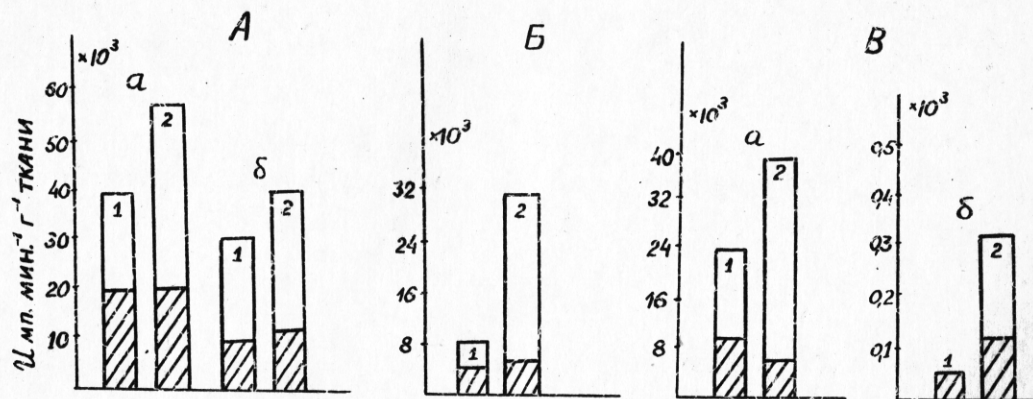


Рис.3 Сезонные различия в характере тканевого обмена у скорпены (показатели обмена выше осенью / предзимовальный период /).

А - общий (суммарный) обмен в красных (а) и белых (б) мышцах;
 Б - фосфолипиды в печени;
 В - триглицериды в печени (а) и мышцах (б). I - преднерестовый период, 2 - предзимовальный период.

товый период (рис.2). Это относится к общему (суммарному) обмену в печени, белковому и липидному обмену в печени, красных и белых мышцах. Содержание белков (и липидов) в мышцах скорпены в сравниваемые периоды одинаково. В других случаях уровень обмена, напротив, выше в преднерестовый период (рис.3). Это общий (суммарный) обмен в мышцах, обмен триглицеридов в мышцах и печени, фосфолипидов в печени.

Выявленные различия в характере обменных процессов обусловлены особенностями биологии скорпены в каждый из рассматриваемых периодов годового цикла. В преднерестовый период у скорпены происходит формирование генеративной ткани. Этот процесс сопровождается активацией всей гормональной системы (Плисецкая, 1975). У рыбы увеличивается двигательная активность, происходит мобилизация резервных белков и липидов в тканях. Интенсифицируется питание, начинается соматический рост.

У скорпены основную нагрузку в синтезе веществ генеративной ткани, трансформации пищевых продуктов, депонировании резервов выполняет печень. В ней отмечен чрезвычайно высокий уровень синтеза и мобилизации веществ (белков и липидов). Следует специально отметить, что в преднерестовый период максимум включения метки в белки печени выше, чем в липиды (рис.2,Б,В). Это вероятно свидетельствует о значительном преобладании процессов белкового синтеза в этот период. Такое преобладание тем более очевидно, что I^4 С-ацетат является непосредственным предшественником в синтезе липидов, а не белков.

Роль печени скорпены в обеспечении организма белками можно также проиллюстрировать, произведя расчет величин удельных активностей на целый организм. При таком расчете (рис.4) в преднерестовый период уровень белкового синтеза в печени оказывается в 3 раза выше, чем в белых мышцах. И это несмотря на то, что

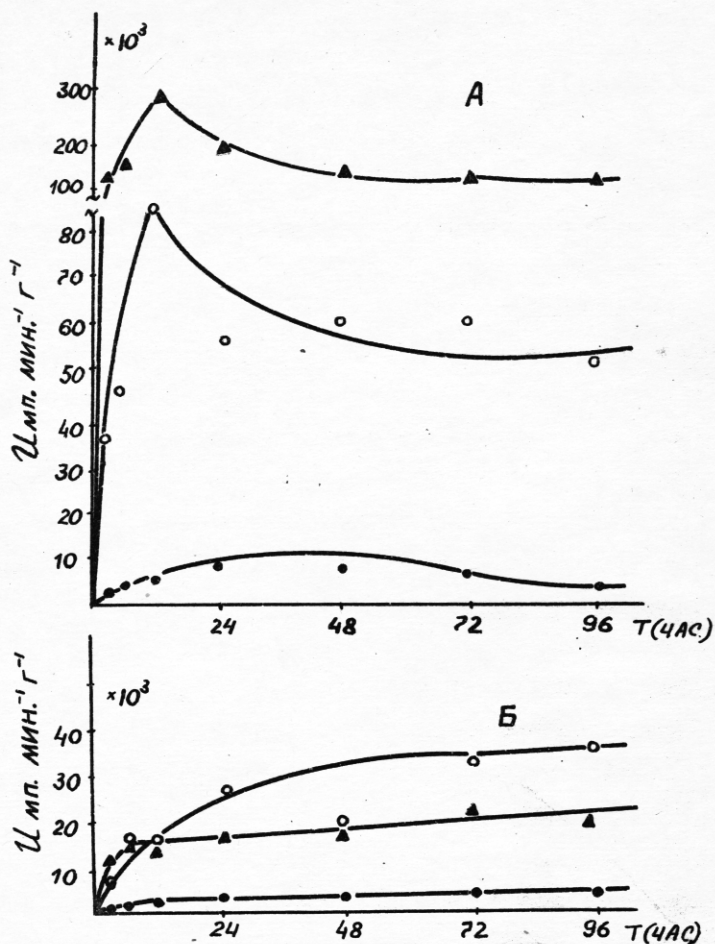


Рис.4. Динамика включения $I^{45}C$ в белки тканей скорпены в расчете на относительный вес ткани (К) в преднерестовый (А) и предзимовальный (Б) периоды годового цикла.

▲ - печень, ● - красные мышцы, ○ - белые мышцы

масса печени скорпены составляет 2,5 процентов массы тела, а содержание белых мышц почти на порядок выше.

Повышение метаболической активности печени, связанное с большим трофоплазматическим ростом сперматогониев и овоцитов (IV стадия зрелости), отмечено у многих видов рыб, в том числе у трески (Шатуновский и др., 1975) и нототении (Козлов, 1972). В печени бычков в это время наблюдается высокий уровень синтеза липопротеидов (Куликова, 1967).

Интенсивные процессы соматического роста в преднерестовый период находят отражение в высоком уровне обмена белков, общих липидов, а также фосфолипидов мышц. Известно, что скорпена растет лишь в теплые месяцы — с мая по сентябрь. Это обусловлено неравномерностью питания на протяжении года (Арнольди, Фортунатова, 1941).

Предзимовальный период в годовом цикле скорпены характеризуется прекращением генеративных процессов, стабилизацией роста, уменьшением интенсивности питания (рационы становятся поддерживающими). Уровень гормонов, регулирующих процессы белкового анаболизма в крови, резко падает (Плисецкая, 1975). В связи с этим значительно снижается уровень синтеза и мобилизации белков в мышцах и особенно в печени. При расчете на целый организм, уровень белкового синтеза в печени составляет в этот период лишь 50 процентов от уровня в белых мышцах (рис. 4Б).

В связи с недостаточностью питания происходит мобилизация резервных веществ и, в частности, триглицеридов в тканях. Наряду с триглицеридами, в печени скорпены в предзимовальный период происходит мобилизация фосфолипидов. Можно предположить, что использование для энергетических целей структурных компонентов организма является особенностью малоподвижных рыб, которые не создают энергетических резервов в нагульный период. Аналогичные данные

были получены и на других видах рыб. Например, голодание трески приводит к уменьшению фосфолипидов в составе общих липидов тканей, а также разрушению отдельных белковых фракций (Лав, 1976).

Характеризуя обменные процессы в тканях скорпены в сравниваемые периоды годового цикла в целом, можно заключить, что в преднерестовый период преобладают процессы анаболизма; в предзимовальный период уровень анаболических процессов резко снижается: на фоне стабилизации белковых трат происходит усиленный катаболизм липидов.

2. Особенности метаболизма печени, красных и белых мышц скорпены.

Известно, что метаболическая активность тканей сопряжена с их функциональной активностью. Результаты наших исследований показали, что максимальные величины и интенсивности включения ^{14}C в печень скорпены практически во всех случаях выше, чем в мышцах. Красные мышцы по большинству показателей занимают промежуточное положение между печенью и белыми мышцами.

Уровень включения и выведения ^{14}C в гомогенатах печени в 2-7 раз выше, чем в гомогенатах мышц; в белках - в преднерестовый период - в 30-50 раз, а в предзимовальный - в 4 раза выше^I, общих липидах в преднерестовый период - в 13-16 раз, а в предзимовальный - в 50-100 раз выше. Обмен фосфолипидов и триглицеридов в печени значительно выше, чем в мышцах (120-600 и 20-100 раз соответственно).

Высокий уровень метаболизма в печени скорпены определяется прежде всего ее функциональными особенностями: участием в синтезе веществ для генеративной ткани, белково-липидных комп-

^IСодержание белков в печени в 1,2-2,5 раза ниже, чем в мышцах (Найденова, 1967; собств. данные)

лексов крови, трансформацией веществ, полученных с пищей.

Печень является основным депонирующим органом скорпены. В ней содержится более 50% всех резервных углеводов и липидов тела. Липиды в печени скорпены представлены в основном триглицеридами, которые используются при голодании, значительных энерготратах и т.д. Следовательно уровень обмена этих веществ в печени должен быть высоким.

В мышцах скорпены содержание липидов крайне низко, их роль в энергетике плавания незначительна (Яковлева, Шульман, 1973). Фосфолипиды и триглицериды в составе липидов мышц скорпены используются в основном не в связи с двигательной активностью, а в связи с конструктивными процессами, происходящими в организме (Щепкин и др., 1974). В качестве основного энергетического источника в мышцах скорпены используется гликоген, способный обеспечить повышенную мышечную работу во время броскового движения (Морозова, 1973).

Выше мы сопоставили обменные процессы в печени и мышцах в целом. Теперь следует специально остановиться на сравнении функциональных и метаболических особенностей красных и белых мышц скорпены, тем более, что красные мышцы у малоподвижных рыб до сих пор почти не исследовались. В соответствии с полученными нами данными уровень включения и выведения ^{14}C в гомогенатах красных мышц скорпены в 1,3-1,7 раза, белках - в 3-4 раза, липидах в 2-3 раза выше, по сравнению с белыми мышцами. Интенсивность обменных процессов в красных мышцах в 2,5 раза выше, чем в белых. Следует отметить, что все показатели метаболизма в красных мышцах скорпены по своим значениям ближе к белым мышцам, чем к печени, хотя в многочисленных исследованиях и отмечается функциональное и метаболическое тождество красных мышц и печени рыб

(Лав, 1976).

Содержание красных мышц у скорпены, как и у других донных малоподвижных рыб, невелико (0,57% веса тела). Они расположены в основном в хвостовой части тела. В соответствии с низким содержанием красных мышц их роль в обеспечении метаболитами всего организма скорпены ничтожно мала (несколько процентов от синтезирующей способности мышц при расчете на общую массу мышечной ткани). По-видимому, основная функция красных мышц скорпены крайне не специализирована и связана с деятельностью основного движителя скорпены - хвоста. Скорее всего, именно сокращение красных мышц в хвостовой части тела (часто наблюдаемое у этой рыбы подворачивание хвоста) позволяет скорпене неопределенно долго сохранять позу готовности к совершению стремительного броскового движения. Известно, что красные мышцы рыб активны во время длительного сократительного акта, тогда как белые - лишь во время крайне непродолжительных, но интенсивных сокращений (Итина, 1971)

3. Сравнение особенностей метаболизма скорпены и рыб, обладающих высокой естественной подвижностью.

Неоднократно отмечалось, что скорпена - рыба с чрезвычайно низкой двигательной активностью. В физиолого-биохимических исследованиях рыб ее часто используют в качестве модели низкой активности. Представляет интерес сопоставить материалы по включению ^{14}C у скорпены с аналогичными данными, полученными на более подвижной форме. Такие исследования были проведены нами ранее на пелагической быстроплавающей смариде.

Результаты сопоставления показывают, что в большинстве случаев величины включения и выведения метки в тканях смариды выше, чем в тканях скорпены (рис.5). Это показатели общего (суммарного) обмена в печени и красных мышцах, белкового обмена в мышцах

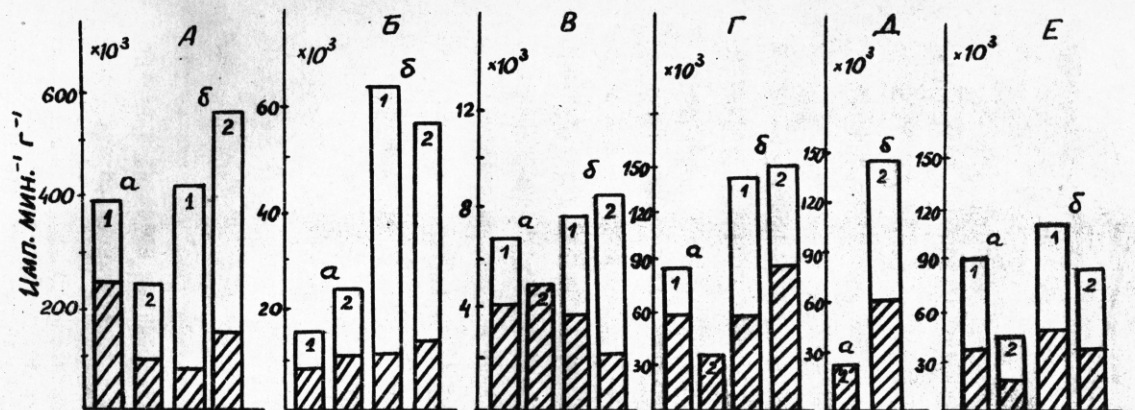


Рис.5 Показатели тканевого обмена у скорпены (а) и смарида (б) (уровни обмена выше у смарида). По оси ординат: уд. акт. в имп./мин.г сырой ткани $\times K$ (относительный вес ткани). А,Б - общий (суммарный) обмен в печени и красных мышцах; В,Г,Д - белковый обмен в красных, белых мышцах и печени; Е - липидный обмен в белых мышцах. 1 - преднерестовый период, 2 - предзимовальный период.

(весной и осенью) и печени (осенью), липидного обмена в мышцах.

Следовательно, данные по включению и выведению ^{14}C свидетельствуют о том, что уровень многих сторон метаболизма быстроплавающей рыбы (моделью которой в нашем случае является смарида, выше, чем у малоподвижной скорпены. Во всех сравниваемых случаях у смариды четко выражено преобладание белкового и липидного обмена в мышечной ткани, что свидетельствует о больших масштабах пластического и энергетического обмена в тканях, непосредственно осуществляющих локомоторную функцию.

Полученные нами данные хорошо согласуются с общими представлениями об особенностях метаболизма малоподвижных и быстроплавающих рыб. В соответствии с этими представлениями по большинству сравниваемых показателей, полученных как на организменном, так и на тканевом уровнях, физиолого-биохимические характеристики у быстроплавающих смариды и ставриды выше, чем у малоподвижной скорпены. Это характеристики общего энергетического обмена (потребление кислорода целым организмом и тканевое дыхание), конечного азотистого обмена (экскреция азота), "энерговооруженности" тканей (концентрация эритроцитов, гемоглобина, глюкозы, триглицеридов, и неэстерифицированных жирных кислот в крови, содержание триглицеридов, АТФ и креатинфосфата в мышцах), активности некоторых тканевых ферментов; к этому следует добавить уровни лактата и кортикостероидов в крови, абсолютный вес мышечной ткани и относительный вес красных мышц¹.

Анализ собственных и литературных данных приводит к заключению, что специализация скорпены к малоподвижному образу жизни

¹Все эти данные получены в отделе физиологии животных ИИБЮМ, лаборатории биохимии Карадагского отделения этого института, Института эволюционной физиологии им. Сеченова (Морозова, Трусевич, 1970; Лейбсон, Плисецкая, 1972; Муравская, 1972; Белокопытин, Юркевич, 1972 и др.).

состоит прежде всего в резком снижении уровня многих метаболических процессов. Сходная тенденция наблюдается и у других малоподвижных рыб (Матюхин, 1973; Лав, 1976), хотя следует подчеркнуть, что они в этом смысле изучены гораздо хуже, чем скорпена.

Наряду с резким снижением уровня обмена, у скорпены (как, вероятно, и у некоторых других малоподвижных рыб) выработались особые черты метаболизма, которые можно рассматривать в качестве своеобразной компенсации низкого уровня активности. Материалы, приведенные на рисунке 6 показывают, что у скорпены выше, чем у смариды показатели белкового обмена в печени (весной), липидного обмена в печени (осенью и весной)¹. Следовательно, уровень метаболизма в печени скорпены в ряде случаев выше, чем у смариды. Напомним, что у смариды преобладание метаболизма над скорпенной показано главным образом в мышцах.

Высокий уровень тканевого обмена в печени скорпены (так же, как и повышенная концентрация пластических веществ и энергетических субстратов) вероятно является компенсацией низкого уровня метаболизма в мышечной ткани этой рыбы. Как известно, мышечная масса скорпены в 2 раза ниже, чем у смариды. Неслучайно поэтому масса печени у скорпены более, чем в два раза выше, чем у смариды. Печень скорпены является важнейшим энергетическим и пластическим депо тела, в котором концентрируются основные запасы резервных веществ. Этот орган не только концентрирует большое количество "пластического" материала, но и способен осуществлять интенсивную его оборачиваемость, в ряде случаев более интенсивную, чем у подвижных рыб.

Приведенными примерами случаи высокого уровня метаболизма

¹Максимальные величины включения и выведения метки белыми мышцами у скорпены и смариды выражаются близкими величинами (рис. 6).

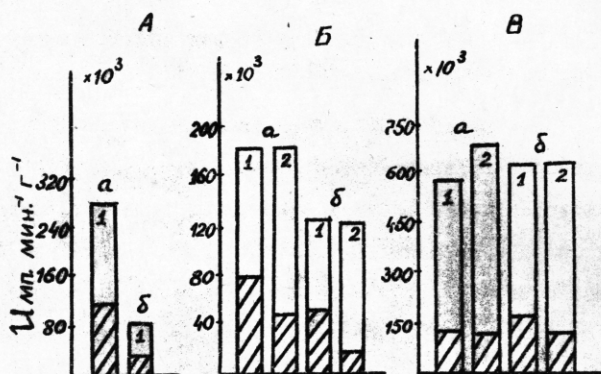


Рис. 6 Показатели тканевого обмена у скорпионы (а) и
смагиды (б) (уровни обмена выше у скорпионы).
По оси ординат: уд. акт. в имп./мин.г сырой
ткани $\times K$ (относительный вес ткани).
А - белковый обмен в печени;
Б - липидный обмен в печени;
В - общий (суммарный) обмен в белых мышцах.
1 - преднерестовый период, 2 - предзимовальный
период.

у скорпены не ограничиваются. По данным А.Л.Морозовой (1973) при бросковых движениях скорпена интенсивно мобилизует мышечный гликоген¹.

Компенсаторные особенности метаболизма, очевидно, могут быть обнаружены и у других малоподвижных рыб. Известно, что ряд малоподвижных рыб обладает способностью к резким бросковым движениям, связанным либо с пищевыми, либо с оборонительными реакциями. Это - хищники-засадчики (тригла, морской дракончик, щука, мурена и т.д.), некоторые бентофаги (бычки, морские собачки, камбалы-глоссы). Все эти рыбы, ведущие придонный образ жизни, обладают повышенными энергетическими запасами в печени по сравнению с мышцами и, вероятно, осуществляют обмен в значительной степени по тому же типу, что и скорпена. По-видимому, у всех этих рыб физиолого-биохимическая специализация заключается не только в снижении уровня метаболизма, в целом, но и в способности к резкой интенсификации отдельных его сторон.

В ы в о д ы

Исследование особенностей тканевого, белкового и липидного обмена в печени, красных и белых мышцах черноморской скорпены - рыбы, обладающей специализацией к малоподвижному образу жизни, проведенное на основе анализа включения и выведения $I^{14}C$, позволило сделать следующие выводы.

1. В преднерестовый и предзимовальный периоды годового цикла у скорпены наблюдаются четкие различия в интенсивности и направленности тканевого метаболизма. Эти различия обусловлены особенностями биологии скорпены в исследуемые периоды.

2. В преднерестовый период показан высокий уровень анаболических процессов в тканях (интенсивное включение и выведение

¹ При броске скорпена развивает мгновенную скорость недоступную высокоподвижным рыбам.

^{14}C в белках и липидах печени и мышц). Это связано с процессами гамтогенеза, соматического роста и повышенной мышечной активностью скорпены в период подготовки к нересту.

3. В предзимовальный период уровень анаболических процессов в теле рыбы резко снижается. На фоне стабилизации белковых трат происходит усиленный катаболизм липидов (общих липидов и фосфолипидов в печени, триглицеридов в печени и в мышцах). Это связано с прекращением генеративного синтеза, стабилизацией роста и уменьшением интенсивности питания рыбы.

4. Существует четкая градация в уровне метаболической активности тканей скорпены. Уровень включения и выведения метки в гомогенаты печени в 2-7 раз выше, чем в гомогенаты мышц; в белки выше в 4-50 раз (в зависимости от периода годового цикла); в общие липиды в 13-100 раз, в фосфолипиды в 120-600 раз, в триглицериды в 20-100 раз. Красные мышцы имеют более высокий уровень метаболизма, чем белые.

5. Сопоставление данных по включению ^{14}C в ткани малоподвижной скорпены с материалами, полученными аналогичными методами на быстроплавающей смариде, показало, что специализация скорпены к малоподвижному образу жизни привела к резкому снижению уровня многих метаболических процессов по сравнению с высокоподвижными рыбами (особенно в мышечной ткани). Это показатели общего анаболизма и катаболизма в красных мышцах, белкового обмена в красных и белых мышцах, липидного обмена в белых мышцах.

6. Одновременно со снижением уровня метаболизма, в целом, у скорпены сформировались компенсаторные черты в его характере.

Компенсация метаболизма у скорпены выражается в высоком уровне белкового и липидного обмена в печени, которая у ма-

лоподвижных рыб играет повышенную роль в метаболизме и депонировании резервов по сравнению с активными рыбами.

7. Используемые в исследовании принципы, разработанные на скорпене, позволяют получать динамические характеристики для оценки особенностей метаболизма рыб. Они могут служить физиолого-биохимическими индикаторами функционального состояния популяций рыб в различные периоды годового цикла и в различных условиях обитания.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ

В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ:

1. Особенности метаболизма черноморской смариды в преднерестовый и посленерестовый периоды годового цикла - Материалы Всесоюзного симпозиума по изученности Черного и Средиземного морей, использованию и охране их ресурсов. К., "Наукова Думка", 1973.
2. Особенности метаболизма рыб с разным уровнем функциональной активности - Докл. АН СССР, т. 219, 1974.
3. Особенности накопления и выведения радиоактивной метки белками скорпены и смариды в предзимовальный и преднерестовый периоды. - Биология моря, № 4, 1975.
4. Особенности метаболизма черноморской скорпены и смариды в преднерестовый и предзимовальный периоды годового цикла - "Экологическая физиология рыб", ч. 2. Тез. докл. III Всесоюзной конференции, К., "Наукова Думка", 1976.
5. Особенности липидного обмена в тканях скорпены *Scorpaena porcus* L. и смариды *Spicara smaris* L. в преднерестовый и предзимовальный периоды годового цикла. - Биология моря, вып. 46, К., "Наукова Думка", 1978.