

ПРОВ 2010

ПРОВ 98

ОРДЕНА ЛЕНИНА АКАДЕМИЯ НАУК УССР
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ имени А. О. КОВАЛЕВСКОГО

На правах рукописи

Яковлева Кая Константиновна

ДИНАМИКА ЖИРОВЫХ ЗАПАСОВ У ЧЕРНОМОРСКОЙ
СКОРПЕНЫ *SCORPAENA PORCUS L.*
НА ПРОТЯЖЕНИИ ГОДОВОГО ЦИКЛА

03.00.10. Ихтиология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Севастополь, 1975

ОРДЕНА ЛЕНИНА АКАДЕМИЯ НАУК УССР
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ
ИМЕНИ А.О.КОВАЛЕВСКОГО

На правах рукописи

ЯКОВЛЕВА КАЯ КОНСТАНТИНОВНА

ДИНАМИКА ЖИРОВЫХ ЗАПАСОВ У ЧЕРНОМОРСКОЙ
СКОРПЕНЫ *SCORPAENA FORCUS L.*
НА ПРОТЯЖЕНИИ ГОДОВОГО ЦИКЛА

03.00.10. Ихтиология

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание учёной степени
кандидата биологических наук

Институт
биологии южных морей
БИБЛИОТЕКА

№ Б

Севастополь

1975 г.

Работа выполнена в отделе физиологии водных животных
Института биологии южных морей имени А.О.Ковалевского АН УССР.

Научный руководитель - доктор биологических наук
Г.Е.Шульман

Официальные оппоненты:

профессор, доктор биологических наук
Г.Л.Шкорбатов
доктор биологических наук
Э.М.Плисецкая

Оппонирующая организация:

Азовско-Черноморский научно-исследовательский
институт морского рыбного хозяйства и океанографии
(АзЧерНИРО, гор.Керчь)

Автореферат разослан "15" апреля 1975 г.

Защита диссертации состоится "6" конче мая 1975 г.

на заседании Учёного Совета Института биологии южных морей
имени А.О.Ковалевского АН УССР.

Отзывы на автореферат просим направлять по адресу:
335000, Севастополь, пр.Нахимова, 2, Институт биологии
южных морей имени А.О.Ковалевского АН УССР.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке
Института биологии южных морей АН УССР.

Учёный секретарь Совета,
кандидат биологических наук
Т.М.Кондратьева.

ВВЕДЕНИЕ

Для глубокого познания биологии животных необходимо всестороннее изучение их метаболизма. У рыб особое значение в общем метаболизме имеет жировой обмен. Жиры являются основным энергетическим источником в этой группе позвоночных и принимают большое участие в их пластическом обмене.

Вследствие того, что жиры рыб обладают четко выраженной лабильностью, тесно связанной с физиологическим состоянием и условиями обитания, уровень жировых запасов в теле рыб может служить индикатором их состояния (интенсивности созревания, подготовленности к миграциям и зимовке, обеспеченности пищей во время нагула и т.д.).

Поскольку уровень жировых запасов рыб испытывает значительные колебания на протяжении годового цикла, многочисленными авторами была изучена динамика содержания жира в теле пресноводных и морских рыб, в том числе и у подавляющего числа Азово-Черноморских видов (Шульман 1957-1972; Виноградова, 1957; Лисовская, 1967; Доброволов, 1967, 1970 и др.)

В то же время систематических исследований динамики жировых запасов скорпены или морского ерша - рыбы своеобразной биологии - до последнего времени не проводилось. Имеются лишь отрывочные данные З.А. Виноградовой (1957) по содержанию жира в печени скорпены в летнее время.

Скорпена - *Scorpaena roscus* L. - малоподвижная донная рыба, типичный прибрежный хищник-засадчик, не совершающий протяженных миграций; наблюдаются лишь сезонные перемещения ее на большие или меньшие глубины в связи с похолоданием или прогреванием воды в прибрежной зоне.

Исследованиями Ю.С. Белокопытина (1968), А.Л. Морозовой (1968),

Л.Г.Лейбсона (1972), Э.М.Плисецкой (1972), З.А.Муравской (1972), В.Я.Щепкина (1972) и др. было показано, что многие физиологические и биохимические показатели у малоподвижной скорпены резко отличаются от таковых у подвижных рыб, что говорит о специфичности метаболизма рыб в зависимости от их экологии и функциональной активности.

В связи с изложенным представляло интерес, во-первых, систематическое (ежемесячное) изучение динамики содержания жира на протяжении полного годового цикла в теле скорпены, во-вторых выявление некоторых физиолого-биохимических особенностей ее жира.

Исследовали динамику водных чисел жира скорпены и содержание в ее теле полиеновых (ненасыщенных) жирных кислот. Оба эти показателя характеризуют степень ненасыщенности, а, следовательно, метаболической активности жира и тесно связаны с физиологическим состоянием и особенностями экологии рыб.

Все исследования динамики жирности, водных чисел жира и полиненасыщенных жирных кислот мы проводили на печени и мышцах скорпены — основных аккумуляторов жировых запасов у этой рыбы.

Для выяснения специфичности жирнокислотного состава жира скорпены по сравнению с другими рыбами был изучен жирнокислотный состав жира печени и мышц ставриды — рыбы по своим экологическим особенностям резко отличающейся от скорпены.

Ставрида — *Trachurus mediterraneus ponticus* Aleev. пелагическая рыба, мигрант, хороший пловец, ведет очень подвижный образ жизни.

Характер динамики жировых запасов на протяжении годового цикла у скорпены и ставриды мы сравнили, используя для последней данные других авторов (Пора и др. 1961; Доброволов, 1967; Лисовская, 1967; Шульман, 1972).

Большинство авторов, изучающих сезонную динамику содержания жира в теле рыб, приводят данные по изменению относительного (процентного) содержания жира в тканях на протяжении годового цикла.

Однако значительный интерес для исследователя, представляет также знание динамики абсолютного количества жира и так называемой общей жирности рыб в зависимости от их физиологического состояния и экологии (общая жирность - количество жира в процентах к общему весу рыбы).

Подавляющая часть жировых запасов у скорпены сосредоточена в печени и мышцах (Виноградова, 1957; Клейменов, 1962). Поэтому для вычисления общей жирности скорпены нами была изучена сезонная динамика веса печени, рассчитано абсолютное содержание жира в печени и мышцах скорпены на протяжении годового цикла.

Поскольку жиронакопление у рыб тесно связано с белковым ростом, на скорпене было проведено сопоставление этих двух важнейших конструктивных процессов, а для этого рассчитан белковый рост скорпены.

Для расчетов белкового роста нами была изучена сезонная динамика влаги, обезжиренного сухого вещества, высчитано соотношение длины и веса скорпены в процессе роста.

Результаты своего исследования по динамике жировых запасов у скорпены мы сопоставили с литературными данными по углеводному обмену у этой рыбы, а также с другими физиолого-биохимическими характеристиками, полученными на скорпене.

Нам представляется, что полученные в результате проведенного исследования данные могут восполнить пробел в характеристике эколого-физиологических особенностей метаболизма черноморской скорпены - рыбы, обладающей рядом своеобразных черт биологии и играющей существенную роль в экологии черноморских прибрежных

биоценозов.

Результаты исследования представлены в диссертации, имеющей 196 страниц машинописного текста, из которых 70 страниц занимает иллюстративный материал (29 таблиц и 42 рисунка) и 28 страниц - список литературы.

Диссертация состоит из введения, пяти глав и выводов. Список литературы включает 146 работ отечественных и 131 - иностранных авторов.

Материал и методика

Определение содержания жира в теле рыб на протяжении годового цикла проведено на скорпене, выловленной в районе Севастополя с июля 1968 г. по сентябрь 1969 г. Ежемесячно исследовали, как правило 20 рыб (10 самцов и 10 самок). Определение содержания жира в печени и мышцах проводили у каждого экземпляра в отдельности. Всего использовано 302 экземпляра скорпены.

Свежевыловленных рыб взвешивали с точностью до 0,1 г, определяли их пол, размер и стадию зрелости. Подавляющее большинство исследуемых рыб принадлежали к одной и той же размерной группе (длина 11-14 см, вес 50-100 г, возраст 3-4 года).

Экстракцию жира проводили в аппаратах Сокслета этиловым эфиром по методу Рушковского (Лазаревский, 1955), после предварительного высушивания проб в сушильном шкафу при температуре 100-105° до постоянного веса и вычисления процентного содержания сухого вещества и влаги в ткани.

По разности навески до и после экстрагирования вычисляли процентное содержание жира в сухом веществе. Зная процентное содержание влаги и сухого вещества в ткани, рассчитывали процентное содержание жира в печени и мышцах на сырой вес.

Процентное содержание обезжиренного сухого вещества (ОСВ) на сырой вес рыб рассчитывали по формуле:

$ОСВ = 100 - (В + Ж)$, где

В - процентное содержание влаги, Ж - процентное содержание жира на сухой вес.

По содержанию обезжиренного сухого вещества приблизительно судили о содержании белка.

Иодные числа и полиненасыщенные жирные кислоты жира печени и мышц определяли у скорпены и ставриды, выловленных в районе Севастополя с января 1967 по январь 1968 года.

Жир для определения жирнокислотного состава и иодных чисел экстрагировали этиловым эфиром из измельченных тканей печени и мышц, обезвоженных сернокислым натрием.

Иодные числа жира определяли методом Вийса без отгонки растворителя (Лазаревский, 1955).

Определение процентного содержания полиненасыщенных жирных кислот в жире проводили по методике Н.Н.Крыловой и Ю.Н.Лясковской (1965) на спектрофотометре СФ-4а при длинах волн 233, 268, 315, 346 и 375

Исследовали пять, имеющих наиболее важное физиологическое значение полиненасыщенных жирных кислот: линолевую ($C_{18:2}$), линоленовую ($C_{18:3}$), арахидоновую ($C_{20:4}$), пентаеновую ($C_{20:5}$, $C_{22:5}$) и гексаеновую ($C_{22:6}$).

Для анализа иодных чисел и жирнокислотного состава жира использован 51 экземпляр скорпены и 93 экземпляра ставриды. Проведено 124 определения иодных чисел и 184 определения жирнокислотного состава жира печени и мышц.

Все полученные в исследовании материалы обработаны статистически (Рокицкий, 1961; Плохинский, 1961): вычисляли среднюю арифметическую (M), среднее квадратическое отклонение (σ), среднюю квадратическую ошибку (m), критерий достоверности разницы (t_d), коэффициенты вариации (CV) и корреляции (r). При

обработке полученных результатов использовали способы сгруппированных данных и наименьших квадратов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

I. Динамика содержания жира в теле скорпены

За исследованный период, с июля 1968 г. по сентябрь 1969 г. процентное содержание жира колебалось в печени скорпены от 10 до 26%, в мышцах от 0,5 до 1,05% (рис. I А и В).

Как видно из рисунков, в течение годового цикла у скорпены наблюдались три максимума и минимума жирности в печени и мышцах.

Падение уровня жирности в июле 1968 г. очевидно связано с тратами жира в процессе нереста. Снижение процентного содержания жира в печени и мышцах скорпены в январе-марте 1969 г. можно объяснить понижением температуры и ухудшением кормовой базы на зимовке. Падение жирности в октябре 1968 г. вероятно также связано с сложившимися в это время неблагоприятными кормовыми условиями.

В отличие от скорпены, в печени и мышцах ставриды и в теле всех остальных изученных черноморских рыб обнаружен моноциклический характер изменения жирности (Драгунов, 1950; Виноградова, 1957; Пора, 1961; Тараненко, 1964; Лисовская, 1967; Доброволов, 1967; Шульман, 1972).

У рыб других водоемов сезонная динамика жирности также имеет, как правило, моноциклический характер.

Таким образом первой особенностью динамики жирности в теле скорпены является полициклический характер этой динамики в печени и мышцах.

Второй особенностью динамики жирности в теле скорпены является синхронность колебаний процентного содержания жира в печени и мышцах.

До сих пор у рыб, содержащих 1-2% жира в мышцах (таких рыб

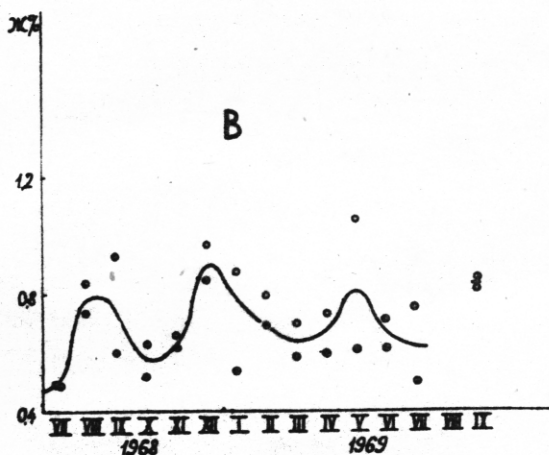
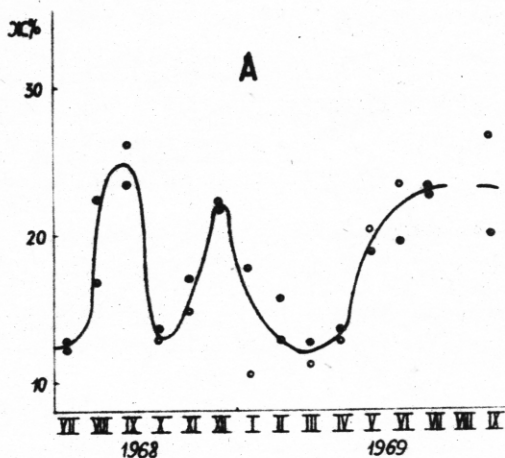


Рис I . Содержание жира (% от сырого веса ткани) в печени (А) и мышцах (В) скорпены в течение годового цикла. ○ - самки , ● - самцы . Каждая точка представляет собой среднюю из 10 определений. Кривые на графике проведены методом скользящей средней .

называют "тощими") синхронных колебаний жирности в печени и мышцах обнаружено не было. Такие синхронные колебания наблюдались у "жирных" рыб, содержащих свыше 10% жира в мышцах. Более того считалось, что содержание жира в мышцах "тощих" рыб на протяжении годового цикла стабильно (Kordyl, 1951; Ларионова, 1952; Пожогина, 1954; Jangaard и др. 1967).

Как в мышцах, так и в печени обнаружена прямолинейная зависимость между содержанием жира на сырой и сухой вес.

$$\begin{aligned} \text{Для печени: } X_{\text{сырой вес}} &= -9,73 + 0,60 X_{\text{сухой вес}} \\ r &= 0,92 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Для мышц: } X_{\text{сырой вес}} &= 0,08 + 0,22 X_{\text{сухой вес}} \\ r &= 0,95 \end{aligned}$$

Была также найдена обратная зависимость между жирностью и влажностью в печени и мышцах скорпены

$$\begin{aligned} X_{\text{печ.}} &= 78,52 + (-0,97) V_{\text{печ.}} \\ r &= -0,93 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_{\text{мышц}} &= 9,06 + (-0,105) V_{\text{мышц}} \\ r &= -0,94 \end{aligned}$$

Ранее была показана тесная корреляция между жирностью и влажностью в тканях рыб, имеющих высокое процентное содержание жира (Brandes и Dietrich 1956; Iles и Wood, 1965; Макарова, 1966; Coppini, 1967; Ионас, 1974 и др.)

В мышцах "тощих" рыб зависимости между жирностью и влажностью до сих пор выявлено не было (Brandes и Dietrich, 1956, Макарова, 1966).

Данные, полученные на скорпене позволяют предположить, что обратная зависимость между жирностью и влажностью в тканях рыб имеет универсальный характер, независимо от уровня их жировых запасов.

Представляет интерес сопоставить уровень жирности в мышцах

и печени скорпены и других рыб.

По содержанию жира в мышцах ($\approx 1\%$) скорпену можно было бы отнести к "тощим" рыбам. Однако печень скорпены содержит гораздо меньше жира, чем печень "тощих" рыб. Процентное содержание жира в печени азовских бычков достигает 54% (Виноградова, 1957, Шульман 1967), в печени мерланга, пикши, трески 70% (Есипов, 1929; Соболев и Свиташев, 1936; Виноградова, 1957).

Не только жирность печени, но и ее относительный вес (в процентах от веса тела) у скорпены гораздо ниже, чем у тощих рыб (табл. I). У беломорской трески относительный вес печени достигает 6% (Макарова, 1966), у трески Баренцова моря 8-9% (Маслов 1960, Новикова, 1963), у балтийской трески 10% (Моравя, 1955).

Относительный вес печени скорпены в наших исследованиях на протяжении годового цикла колебался от 1,2 до 3,4%.

Расчеты показывают, что общая жирность тела скорпены в течение годового цикла изменялась от 0,4 до 1,3% (табл. 2). Эта величина гораздо ниже, чем найденная у всех остальных изученных видов рыб. Общая жирность "тощих" рыб составляет 2-5% от веса тела, общее содержание жира в теле жирных рыб достигает 10-20% от веса тела и выше.

Поскольку жирность скорпены в 2-5 раз ниже жирности "тощих" рыб, мы можем отнести ее к "сверх-тощим" рыбам.

Если процентное содержание жира в печени во много раз превышает процентное содержание жира в мышцах, то абсолютное количество жира в обоих органах вполне сопоставимо (130 - 900 мг в печени, 125 - 800 мг в мышцах.)

Таким образом скорпена отличается от "тощих" рыб не только более низким уровнем жировых резервов, но и характером их распределения. Печень скорпены в среднем содержит, столько же жировых резервов, что и мышцы ($\approx 52\%$), в то время как печень мин-

Таблица I

Вес печени скорпены в процентах от веса тела

Месяц, стадия зрелости		С а м ц ы		С а м к и	
		n	M $\pm$ m	n	M $\pm$ m
1968					
июль,	UI-II	10	1,39 $\pm$ 0,15	10	1,97 $\pm$ 0,20
август,	UI-II	10	2,60 $\pm$ 1,06	10	2,16 $\pm$ 0,44
сентябрь,	UI-II	10	1,88 $\pm$ 0,23	10	2,51 $\pm$ 0,36
октябрь,	UI-II	10	1,65 $\pm$ 0,22	10	1,24 $\pm$ 0,20
ноябрь,	II	10	2,09 $\pm$ 0,32	10	1,75 $\pm$ 0,28
декабрь,	II	10	2,62 $\pm$ 0,38	10	3,04 $\pm$ 0,47
1969					
январь,	II	6	2,26 $\pm$ 0,20	9	2,59 $\pm$ 0,35
февраль,	II	9	2,16 $\pm$ 0,26	10	2,28 $\pm$ 0,28
март,	II	10	1,52 $\pm$ 0,20	10	1,76 $\pm$ 0,21
апрель,	II	10	1,68 $\pm$ 0,07	10	2,00 $\pm$ 0,25
май,	II и III	10	2,52 $\pm$ 0,28	10	3,44 $\pm$ 0,50
июнь III, IV и UI-IV		10	2,75 $\pm$ 0,29	18	3,07 $\pm$ 0,26
июль UI-IV и UI-II		10	2,14 $\pm$ 0,21	20	2,28 $\pm$ 0,19
сентябрь	UI-II	10	1,86 $\pm$ 0,31	10	2,29 $\pm$ 0,25

Таблица 2.

Общая жирность скорпены

Месяц, стадия зрелости		С а м ц ы		С а м к и	
		n	$M \pm m$	n	$M \pm m$
1968					
июль,	VI-II	10	$0,45 \pm 0,06$	10	$0,51 \pm 0,07$
август,	VI-II	10	$0,88 \pm 0,21$	10	$1,03 \pm 0,22$
сентябрь,	VI-II	10	$0,77 \pm 0,11$	10	$1,19 \pm 0,16$
октябрь,	VI-II	10	$0,57 \pm 0,05$	10	$0,47 \pm 0,06$
ноябрь,	II	10	$0,75 \pm 0,09$	10	$0,64 \pm 0,09$
декабрь,	II	10	$1,05 \pm 0,15$	10	$1,23 \pm 0,15$
1969					
январь,	II	6	$0,51 \pm 0,06$	9	$0,88 \pm 0,08$
февраль,	II	9	$0,68 \pm 0,05$	10	$0,70 \pm 0,09$
март,	II	10	$0,51 \pm 0,04$	10	$0,56 \pm 0,04$
апрель,	II	10	$0,53 \pm 0,05$	10	$0,73 \pm 0,06$
май,	II и III	10	$0,81 \pm 0,07$	10	$1,27 \pm 0,14$
июнь,	II, IV и VI-V	10	$0,75 \pm 0,06$	18	$1,06 \pm 0,08$
июль,	I-IV и VI-II	10	$0,74 \pm 0,07$	20	$0,93 \pm 0,08$
сентябрь	VI-II	10	$0,83 \pm 0,08$	10	$1,04 \pm 0,13$

тая содержит 70%, трески 73% имеющегося в теле жира (Кривобок и Тарковская, 1964). У жирных рыб основные жировые запасы находятся в мышцах.

Общая жирность тела и относительный вес печени у самок скорпены в большинстве случаев выше, чем у самцов, что может объясняться значительной ролью жира в процессах генеративного синтеза. Как известно, для обеспечения синтеза половых продуктов самкам требуется больше энергии и "пластических веществ", чем самцам (Шульман, 1972).

Скорпена отличается от всех ранее изученных видов рыб также и тем, что у нее может не происходить накопления жировых резервов даже перед зимовкой. Полициклический характер изменения процентного содержания жира в печени и мышцах скорпены свидетельствует о возможности быстрой потери и восстановления жировых запасов в течение всего годового цикла.

Повидимому столь высокая лабильность жировых запасов может объясняться хищным образом жизни скорпены, позволяющей в благоприятных условиях быстро накапливать жиры. Это может быть также связано с придонным образом жизни скорпены, при котором она сильно зависит от локальных условий среды (исчезновение пищи в каком-либо районе не приводит к ее миграции в другой район). Наряду с этим, вероятно, низкие жировые запасы и резкие колебания жирности скорпены отражают повышенную роль белкового и углеводного обмена у этой рыбы.

Наши расчеты показали резкое преобладание белкового роста над жиронакоплением у скорпены. (рис.2)

Соотношение этих двух процессов^{*} у скорпены в возрасте одного года равняется 6,7; 2-7 лет - 25, что в 5-10 раз превосходит

^{*} Это соотношение определяется как отношение среднегодового количества белка в теле рыбы к среднегодовому количеству жира.

величины, полученные Г.Е.Шульманом и Л.М.Кокозом (1968) у всех остальных изученных ими азово-черноморских рыб.

В отличие от процентного содержания жира, процентное содержание обезжиренного сухого вещества в печени и мышцах скорпены не показывает четких сезонных изменений, его величина незначительно отклоняется от вычисленного для всех месяцев среднего значения ($\approx 19,33$ в печени, $\approx 19,35$ в мышцах).

Повышенную роль углеводного обмена у малоподвижной скорпены по сравнению с активными рыбами отмечали Л.Г.Лейбсон (1972), Э.М.Плисецкая (1972), А.Л.Морозова (1968, 1972), А.Л.Морозова и В.В.Трусевич (1969).

Более высокий удельный вес белкового и углеводного обмена у малоподвижной скорпены по сравнению с подвижными рыбами (и соответственно более низкий удельный вес жирового обмена) говорит с тем, что, повидимому, жиры у скорпены используются, главным образом, не в связи с двигательной активностью, а в связи с конструктивными процессами, происходящими в организме.

На использование жировых резервов скорпены прежде всего в конструктивном обмене указывает фракционный состав ее жира.

В.Я.Щепкин (1972) показал, что по сравнению со ставридой, у скорпены больший удельный вес в липидном обмене имеют фосфолипиды и эфиры холестерина.

В отличие от триглицеридов, имеющих первостепенное значение в качестве энергетических резервов, фосфолипиды являются структурным компонентом клеточных мембран и играют важную роль в пластическом обмене организма.

Полициклический характер динамики жирности в печени и мышцах скорпены может быть объяснен резкими колебаниями фракции триглицеридов в составе жира и вследствие этого изменением его общего количества.

2. Связь степени неопределенности и жирнокислотного состава жира скорпены с ее экологическими особенностями.

Так же, как и жирность, общую ненасыщенность жира и процентное содержание полиеновых жирных кислот мы определяли в печени и мышцах скорпены. Поскольку наиболее изменчивая часть жировых запасов скорпены содержится в печени, особенности жира в этом органе изучали на протяжении годового цикла. Особенности жира мышц скорпены определяли лишь в отдельные месяцы.

Для сравнения исследовались ненасыщенность жира и процентное содержание полиеновых жирных кислот мышц и печени ставриды.

Иодные числа жира печени скорпены повышаются в теплое время года (рис.3). Такая же картина наблюдается и у других холодолюбивых черноморских рыб, что по мнению Г.Е.Шульмана (1972) увеличивая ненасыщенность жиров способствует нормальному протеканию обменных процессов в неблагоприятных условиях среды.

Средняя величина иодных чисел жира печени скорпены за весь годовой цикл равнялась 121, мышц ставриды - 135*, что говорит о более высокой ненасыщенности жира ставриды по сравнению с жиром скорпены, а следовательно о его более высокой метаболической активности.

Анализируя величины иодных чисел жира у различных видов рыб, Г.Е.Шульман (1972) считает, что "намечается связь между степенью ненасыщенности жиров черноморских рыб и интенсивностью их миграций". У рыб, совершающих протяженные миграции жир должен быть более лабилен, чем у рыб, не совершающих больших перемещений.

В наших исследованиях была выявлена четкая сезонная динамика

*Для сопоставления с жировыми запасами печени скорпены используются данные, полученные, главным образом, на мышцах ставриды, поскольку основные запасы жира у последней находятся именно в мышцах.

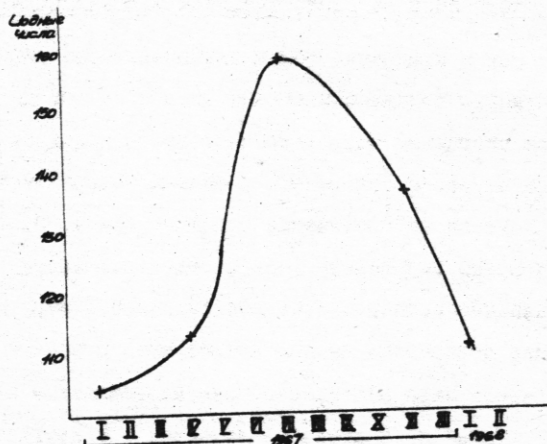


Рис 3. Изменение кислотных чисел жира печени скорпены в течение годового цикла.

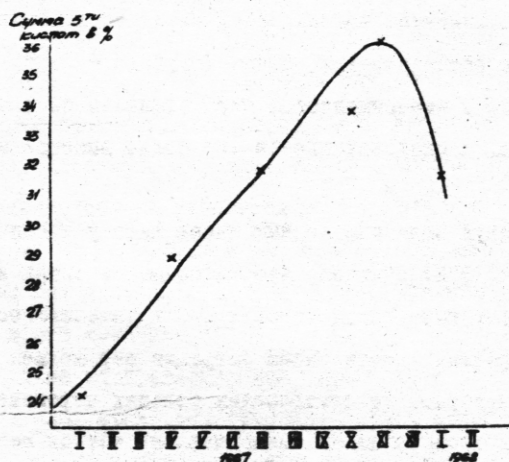


Рис. 4. Изменение суммарного содержания пяти полиненасыщенных жирных кислот жира печени скорпены в течение годового цикла.

жирнокислотного состава жира печени скорпены и мышц ставриды.

Суммарное содержание полиненасыщенных жирных кислот жира печени скорпены неуклонно повышается в течение весны, лета и осени, достигая максимума в ноябре (рис.4).

Изменения процентного содержания суммы пяти полиненасыщенных жирных кислот в мышцах ставриды идентичны соответствующим колебаниям в печени скорпены.

У бадтийской салаки и атлантической сельди осенью во время нагула процентное содержание суммы пяти полиненасыщенных жирных кислот также выше, чем весной перед нерестом (Печатина 1967, 1970).

Таким образом, осенью во время нагула повышается не только количество жира в теле рыбы, но изменяется и его качественный состав, возрастает процентное содержание полиненасыщенных жирных кислот в составе жира.

Возможно повышение ненасыщенности жира осенью объясняется повышенным потреблением в это время пищи, имеющей более ненасыщенный жирнокислотный состав.

Влияние химического состава пищи на жирнокислотный состав жира рыб показали В.И.Ананьев (1965), Акман и Бургер (Askman и Burgher, 1964), Фаркаш и Херодек (Farkas и Herodek, 1964).

Зимой 1968 г. было проведено сравнение жирнокислотного состава жира печени и мышц скорпены и ставриды (рис. 5 и 6)

У обоих видов рыб жиры мышц более ненасыщенны, чем жиры печени, причем как у скорпены, так и у ставриды содержание наиболее метаболически активной гексаеновой кислоты в мышцах значительно выше, чем в печени.

На более высокую ненасыщенность жиров мышц у рыб указывают Акман и Бургер (Askman и Burgher, 1964), Малинс с соавторами (Malins и др. 1965), В.Н.Акулин (1969) и другие.

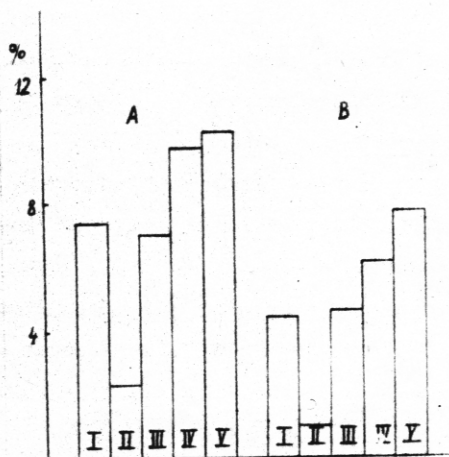


Рис. 5. Процентное содержание полиненасыщенных жирных кислот в жире мышц (А) и печени (В) скорпены (январь).
 I - линолевая кислота, II - линоленовая кислота, III - арахидоновая кислота, IV - пентаеновая кислота, V - гексаеновая кислота

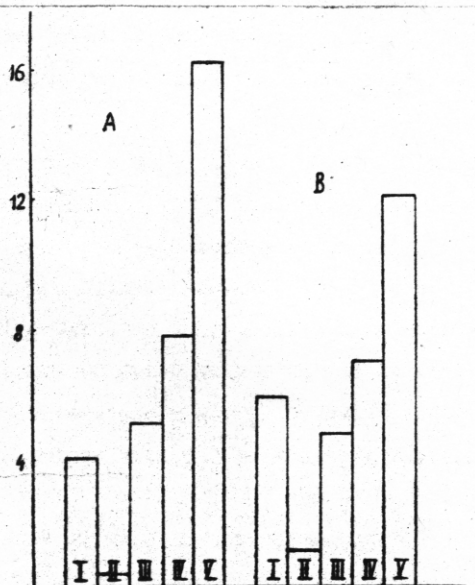


Рис. 6. Процентное содержание полиненасыщенных жирных кислот в жире мышц (А) и печени (В) ставриды (апрель).
 Обозначения кислот на рис. 6 те же, что на рис. 5

При сравнении одноименных тканей видно, что как в мышцах, так и в печени, жирнокислотный состав жира ставриды более ненасыщен, чем жирнокислотный состав жира скорпены. У ставриды в обеих тканях значительно выше процентное содержание наиболее ненасыщенной гексаеновой кислоты, приблизительно одинаковое содержание пентаеновой, линолевой и арахидоновой кислот и в 2 раза меньше линоленовой кислоты.

Таким образом у ставриды по сравнению со скорпеной наблюдается не только более высокое общее содержание полиненасыщенных жирных кислот, но и более высокое процентное содержание в сумме пяти полиеновых жирных кислот наиболее метаболически активной гексаеновой кислоты, что обеспечивает более высокую лабильность ее жира.

Эти данные, вероятно, свидетельствуют о том, что особенности образа жизни рыб откладывают заметный отпечаток на важнейшие физиолого-биохимические характеристики их жира.

Жиры Подвижные, с высокой функциональной активностью виды, имеют в своем составе более лабильные, метаболически активные, легко мобилизуемые жиры. Менее подвижные виды (такие, как скорпена) обладают жиром пониженной лабильности.

Поскольку иодные числа отражают общую ненасыщенность жира мы сравнили зависимость величин иодных чисел жира от содержания полиненасыщенных жирных кислот.

Наиболее четкая прямолинейная зависимость была найдена между иодными числами и гексаеновой кислотой в печени, между иодными числами и пентаеновой кислотой в мышцах скорпены. В обоих органах прослеживается зависимость между иодными числами и суммой пяти полиненасыщенных жирных кислот. Сходные зависимости получены и для ставриды.

Следовательно общая ненасыщенность жира рыб может характери-

зывать степень его лабильности, наличия в составе жира большего или меньшего количества наиболее ненасыщенных полиеновых жирных кислот.

При изучении жирнокислотного состава было интересно сопоставить соотношение кислот линолевого и линоленового семейства в жире печени и мышц ставриды и скорпены.

Многочисленными авторами (Lovern, 1934, 1953, pathak и Trivedi, 1958, Klenk, 1958, Saddler и др., 1966, Stansby, 1967, Parkas и Herodek, 1964 и др.) было показано, что в жирнокислотном составе морских рыб и зоопланктона преобладают кислоты линолевого семейства, в результате чего у них более высокая величина соотношения показателей $\frac{W_3}{W_6}$.

Нами было подсчитано, что величина соотношений показателей $\frac{W_3}{W_6}$ в печени скорпены на протяжении годового цикла колебалась от 1,4 до 1,7, в мышцах ставриды - от 2,2 до 2,6 (табл.3)

Показатель $\frac{W_3}{W_6}$ как в печени скорпены, так и в мышцах ставриды отличается большой стабильностью и мало меняется на протяжении годового цикла. Расчеты показали, что отношение показателей $\frac{W_3}{W_6}$ в мышцах скорпены равнялось 1,5, в печени ставриды - 2. Полученные нами величины отношений показателей $\frac{W_3}{W_6}$ в печени и мышцах скорпены и ставриды согласуются с представлением о преобладании кислот линолевого семейства в жирнокислотном составе морских рыб.

Более высокие величины показателя $\frac{W_3}{W_6}$ у ставриды по сравнению со скорпенной вероятно обусловлено более высоким содержанием у нее гексаеновой кислоты.

Поскольку гексаеновая кислота обладает наибольшей метаболи-

*Показатель (W) указывает положение первой двойной связи, считая от терминального метилового конца цепи. "W₃" свидетельствует о принадлежности кислот к линоленовому семейству (C_{18:3}; C_{20:5}; C_{22:5}; C_{22:6}) "W₆ - к линолевому (C_{18:2}; C_{20:4}).

Таблица 3

Содержание кислот линоленового и линолевого семейства в жире печени
скorpены и мышцах ставриды в течение годового цикла, в %.

Месяц, стадия зрелости	Печень скорпены		$\frac{W_3}{W_6}$	Мышца ставриды		$\frac{W_3}{W_6}$
	Кислоты			Кислоты		
	Линоленового семейства	Линолевого семейства		Линоленового семейства	Линолевого семейства	
1967						
январь, II	15,15	8,99	1,7	-	-	-
апрель, II	16,95	11,85	1,4	23,38	8,89	2,6
июль, VI-II	20,10	11,58	1,7	24,21	10,62	2,3
сентябрь, VI-II	-	-	-	25,28	10,50	2,4
октябрь, VI-II	21,00	12,67	1,7	-	-	-
ноябрь, II	22,69	13,35	1,7	27,74	11,23	2,5
1968						
январь, II	19,53	11,95	1,6	24,66	11,22	2,2

ческой активностью, мы вправе ожидать, что и у других подвижных рыб величина соотношения показателей $\frac{W_3}{W_6}$ выше, чем у менее подвижных.

Используя исходные данные Г.С.Христоферзена (1964) о содержании отдельных полиеновых жирных кислот в жирах азово-черноморских рыб, мы рассчитали, что величина показателя $\frac{W_3}{W_6} > 2$ у подвижных и < 2 у малоподвижных видов (табл.4)

Полная тождественность величины соотношения показателей $\frac{W_3}{W_6}$ у мелкой ставриды, полученной по данным Г.С.Христоферзена и в наших исследованиях подтверждает стабильность данного показателя для отдельных видов рыб в пределах одного географического района.

Следовательно, величина соотношения показателей $\frac{W_3}{W_6}$ в пределах Азово-Черноморского бассейна зависит от подвижности рыб и может служить косвенным показателем степени подвижности той или иной рыбы.

У скорпены величина показателя $\frac{W_3}{W_6}$ ниже чем у других малоподвижных рыб Черного моря, что характеризует ее как рыбу с крайне низкой функциональной активностью.

Как видно из всего изложенного, скорпена отличается от всех ранее изученных видов рыб своеобразием динамики жировых запасов на протяжении годового цикла, их уровнем и распределением.

Жир малоподвижной скорпены и быстро плавающих рыб отличается по степени неопределенности, жирнокислотному составу, величине соотношения показателей $\frac{W_3}{W_6}$

У "сверхтощей" скорпены обнаружено резкое преобладание белкового роста над жиროнакоплением. Как известно из литературных данных удельный вес углеводного обмена у скорпены также выше, чем у подвижных рыб.

Таблица 4

Содержание кислот линоленового и линолевого семейства (в %) в мышцах различных рыб Азово-Черноморского бассейна^{*}.

В и д ы		Кислоты		$\frac{W_3}{W_6}$
		Линоленового семейства	Линолевого семейства	
<i>Alosa kessleri pontica</i> Eichwald	(сельдь)	28,4	8,4	3,4
<i>Glupeonella delicatula delicatula</i> Nordman	(тюлька)	20,1	7,0	2,9
<i>Belone belone euxini</i> Günther	(сарган)	33,3	11,6	2,9
<i>Trachurus mediterraneus ponticus</i> Aleev	(мелкая ставрида)	24,1	9,8	2,5
<i>Scomber scombrus</i> L.	(скумбрия)	24,6	10,9	2,3
<i>Mullus barbatus ponticus</i> Essipov	(султанка)	15,2	7,7	2,0
<i>Gobius melanostomus</i> Pallas	(бычок-кругляк)	11,9	6,5	1,8
<i>Scophthalmus macoticus</i> Pallas	(камбала-калкан)	16,6	9,4	1,8

* Исходные данные о содержании отдельных полиненасыщенных жирных кислот в жире рыб взяты у Г.С.Христоферова

ВЫВОДЫ

1. У черноморской скорпены на протяжении годового цикла четко выражена динамика содержания жира в печени и мышцах. Эта динамика имеет полициклический характер в отличие от моноциклического характера динамики содержания жира у подавляющего большинства других видов рыб. Полученные результаты свидетельствуют о чрезвычайно высокой лабильности жировых запасов скорпены.

2. Общее содержание жира в теле скорпены крайне мало (0,4-1,3%). Оно ниже, чем у всех так называемых "тощих" рыб (треска, пикша, сайда, бычки и т.д.). Содержание жира в печени скорпены составляет 12-26%, в мышцах 0,5-1,05% от сырого веса ткани. Однако с учетом абсолютного веса мышц и печени можно считать, что жировые запасы скорпены распределены почти равномерно между печенью и мышцами. Изменения содержания жира в том и другом "депо" происходит синхронно.

3. Существует количественная зависимость между: а) процентным содержанием жира в печени и мышцах скорпены на сырой и сухой вес; б) жирностью мышц и печени; в) процентным содержанием жира в печени и мышцах скорпены, с одной стороны, и содержанием влаги в этих органах с другой.

4. В теле скорпены белковый рост резко преобладает над жиронакоплением. По этому признаку скорпена также отличается от всех других исследованных черноморских рыб.

5. У скорпены на протяжении годового цикла выражена динамика иодных чисел жира и суммарного содержания пяти полиненасыщенных жирных кислот, а также каждой из этих кислот в отдельности.

6. По степени ненасыщенности жира и жирнокислотному составу скорпена значительно отличается от ставриды. У малоподвижной, не совершающей протяженных миграций скорпены общая ненасыщенность жира, процентное содержание полиненасыщенных жирных кислот и со-

держание метаболически наиболее активной гексаеновой кислоты значительно ниже, чем у ставриды. Это несомненно обусловлено более низкой функциональной активностью скорпены по сравнению со ставридой.

7. Чрезвычайно низкий уровень жировых запасов у скорпены, полициклический характер их сезонной динамики, резкое преобладание белкового роста над жиронакоплением, а также известные из литературы данные о важной роли углеводного обмена у этой рыбы, очевидно, свидетельствует о сравнительно небольшом значении жиров в энергетическом обмене этой рыбы. Вместе с тем, в пластическом обмене скорпены роль жиров, повидимому, велика.

По теме диссертации опубликованы следующие работы:

1. О сопряженном изучении процессов физиологической макро- и микроэволюции у рыб. Тезисы и рефераты докладов пятого научного совещания по эволюционной физиологии. Л. 1968. Соавторы Г.Е.Шульман, Н.И.Куликова, А.Л.Морозова, З.А.Муравская.
2. Особенности липидного состава рыб с различной экологией. Тезисы второго биохимического съезда. Ташкент, 1969. Соавторы В.Я.Щепкин, Г.Е.Шульман.
3. Динамика полиненасыщенных жирных кислот у некоторых видов черноморских рыб. Сообщение I. Скорпена (*Scorpaena porcus* L.) Вопросы ихтиологии, т.9, вып.4, 1969.
4. Динамика полиненасыщенных жирных кислот у некоторых видов черноморских рыб. Сообщение II. Ставрида *Trachurus mediterraneus ponticus* Aleev. Вопросы ихтиологии, т.10, вып.1, 1970.
5. Динамика содержания жира в печени и мышцах черноморской скорпены. Тезисы Всесоюзной конференции по экологической физиологии рыб. М. 1973. Соавтор Г.Е.Шульман.
6. Динамика содержания жира в печени и мышцах черноморской скорпены. Сообщение. Биологическая продуктивность южных морей? Киев. 1973. Соавтор Г.Е.Шульман.

Материалы диссертации докладывались:

- 1) На пятом совещании по экологической физиологии, Ленинград, 1968.
- 2) На втором Всесоюзном биохимическом съезде, Ташкент, 1969.
- 3) На Всесоюзной конференции по экологической физиологии рыб.

Москва, 1973.