

УДК 597.562 : 597—105

ИССЛЕДОВАНИЯ ГЕНЕРАТИВНОГО ОБМЕНА
БАЛТИЙСКОЙ ТРЕСКИМ. И. Шатуновский, М. П. Богоявленская, И. Ф. Вельтищева,
Н. В. Масленникова

В комплексе исследований обмена веществ морских рыб, проводимых лабораторией физиологии и биохимии рыб ВНИРО, значительное место отведено изучению биохимических процессов, происходящих при ово- и сперматогенезе трески восточной части Балтийского моря.

Исследовалось содержание жира, белка, гликогена, экстрактивного азота и свободных аминокислот одновременно в мышцах, печени и гонадах самцов и самок трески, изучался фракционный состав жиров и аминокислотный состав белков. Исследовались все возрастные группы трески. В статье изложены данные только по модальной размерно-возрастной группе — четырехлеткам со средним размером 42 см и массой 700—800 г (табл. 1).

Содержание жира определяли по Фолчу (Folch et al., 1951), содержание гликогена — по Гуду (Прохорова, Тупикова, 1965). За белок в пробе принимали сухой обезжиренный остаток, влагу высчитывали по разности масс. Фракционный анализ жиров проводили методами тонкослойной хроматографии (Шталь, 1965). Для разделения аминокислот

Таблица 1

Весовая характеристика (в г) четырехлетней трески средним размером 42 см
с половыми продуктами разной степени зрелости

Стадия зрелости	Тело	Тушка	Мышцы	Печень	Гонады	<i>n</i>
II	720	615	435	42	6	231
	690	625	440	42	2	128
III	800	652	487	51	29	129
	785	645	460	46	42	30
IV	860	637	452	58	102	60
	750	615	430	41	71	100
V	815	578	393	50	153	63
	740	590	405	35	77	85
VI	670	565	380	35	34	6
	675	565	380	26	25	53

Примечания: 1. *n* — число определений. 2. В числителе — самки; в знаменателе — самцы.

использовали автоматический анализатор (Масленникова, 1972). Экстрактивный азот определяли колориметрическим методом с помощью реактива Несслера.

В период развития яичников от II к V стадии зрелости содержание в них белка увеличивается в 50—70 раз, жира — в 15—30 раз, гликогена — в 30—50 раз. Основной прирост белка происходит при трофоплазматическом росте ооцитов. В печени в этот период также начинается накопление белка и гликогена (табл. 2). Количество белка в печени достигает максимума к V стадии зрелости гонад, содержание гликогена растет вплоть до вымета половых продуктов. Максимум содержания жира в печени приходится на III стадию зрелости гонад, далее к VI стадии оно уменьшается почти втрое. В мышцах самок трески после увеличения содержания жира, белка и влаги в период от II стадии зрелости гонад к III начинается постепенное снижение количества этих компонентов вплоть до вымета половых продуктов. Особенно заметно уменьшается количество белка в мышцах — с 80 г на III стадии до 58 г на V.

По изменению соотношения аминокислот с различными свойствами (кислыми, нейтральными, щелочными) (табл. 3) можно заключить, что в ходе вителлогенеза доля нейтральных белков в гонадах заметно увеличивается, а в печени — уменьшается. Одновременно в гонадах самок в период от II к V стадии равномерно увеличивается сумма свободных аминокислот от 11 до 1230 мг в целом органе. В печени сумма свободных аминокислот возрастает более чем вдвое в период от II к IV стадии и затем снова понижается к V стадии. Содержание экстрактивного азота в печени в процессе созревания гонад равномерно понижается вплоть до вымета икры.

Как указывалось, у самок трески максимальное содержание жира в печени наблюдается в конце зимы, когда начинается трофоплазматический рост ооцитов. В это время в составе жиров наибольшую долю составляют триглицериды — основная фракция запасных липидов (табл. 4). Одновременно увеличивается содержание свободных жирных кислот и снижается относительное и абсолютное содержание фосфолипидов. Эти изменения предшествуют интенсивному переносу фосфолипидов через кровь в развивающиеся яичники. Вообще динамика фракционного состава липидов крови самок трески очень точно отражает динамику фракционного состава липидов печени. Во время вителлогенеза наблюдается максимальная в течение годового цикла концентрация липидов в крови.

Таким образом, начальный период вителлогенеза проходит на фоне продолжающегося накопления белков и фосфолипидов в мышцах. Завершающие фазы периода большого роста ооцитов проходят на фоне резорбции мышечных и соединительнотканых белково-липидных комплексов. Значительно снижается масса тела самок, масса печени увеличивается главным образом за счет прироста в ней белка, содержание которого возрастает почти вдвое. Начинается неогликогенез.

К моменту созревания ооцитов содержание белка в печени начинает снижаться, содержание жира невелико, а содержание гликогена повышено. Концентрация липидов в крови снижается. Аналогичные данные получены для атлантической трески. Общая масса мышц заметно уменьшается за счет снижения содержания в ней всех основных компонентов.

У самцов трески (см. табл. 2, 3, 4) в гонадах накапливается втрое меньшее количество белка, вдвое меньше жира и вдвое больше гликогена, чем в гонадах самок. В ходе сперматогенеза масса тушки самцов снижается более постепенно, чем у самок. Метаболическая роль печени самцов выражена слабее, хотя в общем виде сезонная динамика количества белка, жира, влаги и экстрактивного азота в печени самцов

Абсолютное содержание (в г) белка, жира, влаги и гликогена в мышцах, печени и гонадах четырехлетней трески с половыми продуктами разной степени зрелости

Стадия зрелости	Печень				Мышцы				Гонады			
	вода	жир	белок	гликоген	вода	жир	белок	гликоген	вода	жир	белок	гликоген
II	16,8	22,5	2,7	0,247	355,4	3,0	73,9	0,178	5,3	0,09	0,5	—
	13,8	24,8	3,3	0,866	354,2	4,4	81,4	—	1,7	0,04	0,26	—
III	19,3	30,2	1,4	0,516	394,9	3,8	80,0	0,428	23,5	0,1	4,6	0,042
	15,7	28,0	3,1	0,545	371,2	5,9	86,9	0,115	35,4	0,9	5,7	—
IV	26,5	26,2	5,2	0,715	369,7	3,6	72,3	0,240	80,7	4,0	17,1	0,058
	15,6	23,2	2,3	0,255	344,4	4,7	80,6	0,120	60,1	2,1	9,1	0,296
V	23,7	22,7	3,5	1,003	330,5	3,1	58,3	0,213	136,0	2,4	14,2	0,110
	15,9	16,7	2,4	0,463	334,1	4,5	66,4	0,271	—	—	—	0,207
VI	19,1	11,9	3,7	0,233	—	—	—	0,095	—	—	—	—
	19,7	5,2	1,2	0,125	315,4	3,4	61,9	—	—	—	—	—

Примечание. В числителе — самки; в знаменателе — самцы.

Таблица 3

Абсолютное содержание некоторых компонентов азотистого обмена в тканях и органах балтийской трески с половыми продуктами разной степени зрелости

Компоненты азотистого обмена	Стадия					
	II	III	IV	V	VI	
Мышцы						
Аминокислоты белка, г	кислые	28,9	31,9	28,3	23,2	21,6
	нейтральные	32,6	36,4	32,8	26,2	22,8
щелочные		14,4	16,7	14,8	12,4	11,5
	Свободные аминокислоты, мг	731	745	940	609	703
Печень						
Аминокислоты белка, г	кислые	0,6	0,4	1,5	0,6	0,8
	нейтральные	0,9	0,5	1,5	0,7	1,0
щелочные		0,4	0,4	0,3	0,4	0,2
	Свободные аминокислоты, мг	13,2	25,3	32,2	20,1	13,2
Экстрактивный азот, мг		46,2	45,9	46,4	35,0	31,5
		42,0	40,1	20,7	17,5	18,2
Гонады						
Аминокислоты белка, г	кислые	0,2	1,6	6,7	6,9	0,3
	нейтральные	0,3	1,7	7,7	7,7	0,3
щелочные		0,1	1,0	1,4	—	—
	Свободные аминокислоты, мг	11,1	60,2	277,3	1230,1	161,0
Экстрактивный азот, мг		—	—	—	—	—
		4,6	92,4	156,4	116,1	33,0

такая же, как и у самок. Заметные различия обнаружены по содержанию в печени гликогена — у самок оно возрастает по мере созревания яичников, у самцов понижается вплоть до IV стадии зрелости гонад и к V стадии снова возрастает.

По мере развития семенников трески в них накапливаются простые белки щелочного характера в основном гистоны. В этих белках доминируют такие аминокислоты, как лизин и аргинин.

Таблица 4

Абсолютное содержание (в г) фракций липидов в различных органах и тканях балтийской трески

Фракция	Самки			Самцы		
	мышцы	печень	гонады	мышцы	печень	гонады
II стадия зрелости						
Фосфолипиды	1,27	6,4	—	1,43	5,46	—
Холестерин	0,52	2,1	—	0,35	1,53	—
НЭЖК	0,17	0,5	—	0,15	1,09	—
Триглицериды	0,72	12,0	—	1,05	13,62	—
Эфиры стериннов	0,12	1,5	—	0,42	3,10	—
III стадия зрелости						
Фосфолипиды	1,68	4,4	0,3	—	—	0,29
Холестерин	0,52	3,4	0,2	—	—	0,22
НЭЖК	0,43	1,4	0,1	—	—	0,08
Триглицериды	0,86	20,0	0,3	—	—	0,26
Эфиры стериннов	0,31	1,0	0,1	—	—	0,05
IV стадия зрелости						
Фосфолипиды	1,42	6,1	0,74	1,88	6,00	0,72
Холестерин	0,52	3,5	0,49	0,49	1,27	0,42
НЭЖК	0,33	1,2	0,26	0,17	0,42	0,15
Триглицериды	0,96	13,1	0,70	1,19	12,75	0,52
Эфиры стериннов	0,37	2,3	0,21	0,97	2,76	0,31
V стадия зрелости						
Фосфолипиды	1,39	5,0	1,75	1,55	4,72	0,76
Холестерин	0,36	3,3	0,88	0,57	1,81	0,44
НЭЖК	0,29	0,9	0,37	0,20	1,09	0,21
Триглицериды	0,76	13,3	0,78	1,24	7,61	0,58
Эфиры стериннов	0,20	0,3	0,22	0,94	1,47	0,11
VI стадия зрелости						
Фосфолипиды	—	4,3	—	—	—	—
Холестерин	—	0,8	—	—	—	—
НЭЖК	—	0,8	—	—	—	—
Триглицериды	—	5,5	—	—	—	—
Эфиры стериннов	—	0,5	—	—	—	—

Примечание. НЭЖК — неэстерифицированные жирные кислоты или свободные жирные кислоты.

Сезонная динамика фракционного состава липидов органов и тканей самцов трески в общем виде такая же, как и у самок. В ходе сперматогенеза у самцов снижается содержание фосфолипидов в печени и в мышцах. Доля участия липидов мышц в генеративном обмене у самцов выше, чем у самок. Так же как и в яичниках, по мере увеличения массы семенников до вымета сперматозоидов содержание фосфолипидов в них постоянно увеличивается. У самцов в период массового образования сперматозоидов заметно увеличивается содержание эфиров стериннов в гонадах (а еще раньше — в печени). Затем содержание этой фракции снижается. К концу формирования половых продуктов в крови самцов

снижается общая концентрация липидов. В ходе нереста и после его окончания содержание жира в печени самцов уменьшается заметнее, чем в печени самок. Это, несомненно, связано с большей длительностью нереста у самцов трески и с их большими энергетическими расходами.

Расчеты показали, что при созревании гонад и нересте содержание белка в тушке самок трески уменьшается в 2 раза, а содержание жира в печени — в 3 раза. Половина израсходованного белка обеспечивает потребности в белке развивающихся гонад, а другая половина используется в энергетических целях. Жир почти на 85% используется в энергетических целях и лишь 15% его вовлекается в синтез желтка. У самцов трески до 90% израсходованного белка и жира идет на энергетические цели. При этом основная трата энергии наблюдается не в процессе созревания семенников, а в ходе нереста.

Выводы

Доля генеративного обмена в общем годовом потреблении энергии треской составляет лишь несколько процентов (Липская и др., 1972), но процессы, происходящие в организме при созревании половых клеток и нересте, полностью определяют физиологическое состояние и дальнейшее поведение рыбы: характер миграции, степень истощения и восстановления (Love, 1970).

Детальное исследование генеративного обмена рыб позволит подойти к решению ряда проблем экологии, связанных с процессом воспроизводства.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Некоторые моменты энергетического обмена балтийской трески (*Gadus morhua callarias*) — «Труды ВНИРО», 1972, т. 85, с. 81—85. Авт. Н. Я. Липская, Д. В. Узарс, В. И. Чекунова, М. И. Шатуновский.
- Масленникова Н. В. Анализ аминокислотного состава тканей рыб. — В сб.: «Методика морфофизиологических и биохимических исследований рыб». М., 1972, с. 73—85.
- Прохорова М. И., Туликowa З. И. Большой практикум по углеводному и липидному обмену. М., «Наука», 1965. 247 с.
- Хроматография в тонких слоях. Под ред. Э. Шталь. М., «Наука», 1965. 508 с.
- Folch, I., Ascoli, J., Lees, M., Meed, I. A., Baron, F. N. Preparation of lipid extracts from brain tissue. *J. Biol. Chem.* 1951, v. 191, No. 2, 833—840.
- Love, R. M. *The chemical biology of fishes*. Ac. Press. 1970, 547 p.

Investigations of generative metabolism in Baltic cod

M. I. Shatunovsky, M. P. Bogoyavlenskaya,
I. F. Veltishcheva, N. V. Maslennikova

SUMMARY

Accumulation of reserve protein, fat and glycogen is antecedent to attaining maturity in cod. The general metabolic intensity and metabolic activity of liver are higher in maturing females than in immature specimens. Fat, primarily as phospholipids and triglycerides, is accumulated in the liver of cod at early stages of oogenesis. When yolk is beginning to lay up the content of extractive nitrogen and protein increases in the liver and the proportion of fractions with dominant neutral aminoacids increases in the composition of protein. Neoglycogenesis, i.e. an intensive synthesis of glycogen from decay products of protein and fat, is found in liver of females prior to spawning and in liver of males after the spawning is over.