

УДК 597.562+597—105(261.24)

**НЕКОТОРЫЕ ДАННЫЕ О ВОЗРАСТНЫХ ИЗМЕНЕНИЯХ
В ЖИРОВОМ И УГЛЕВОДНОМ ОБМЕНЕ ТРЕСКИ
БАЛТИЙСКОГО МОРЯ**

М. П. БОГОЯВЛЕНСКАЯ, И. Ф. ВЕЛЬТИЩЕВА

В настоящее время изучением возрастной физиологии рыб заняты многие исследователи. Вопросы созревания рыб, закономерности их линейного и весового роста, вопросы старения и смертности невозможно решить без глубоких исследований изменений обмена веществ в онтогенезе.

Объектом исследований служила треска Балтийского моря — вид достаточно изученный и доступный для исследований во все сезоны года.

Предлагаемая статья содержит первые предварительные обобщения по возрастным изменениям в жировом и углеводном обмене трески. До настоящего времени таких работ не было. Если о пластическом обмене морских рыб можно судить с достаточной полнотой по ихтиологическим исследованиям весовых приростов, то энергетический обмен (обмен жиров и углеводов) невозможно исследовать без применения специальных физиологических и биохимических методов. Между тем решение вопросов энергетического обмена морских рыб необходимо для выявления закономерностей их созревания, характера миграций, размножения и смертности.

В иностранной литературе данных по возрастной физиологии балтийской трески нет, приводятся лишь общие данные по содержанию жира в печени, гонадах и мышцах у особей модальных размеров, часто даже без разделения по полам (Kordyl, 1951; Bogucki and Trzesinski, 1950; Mengi, 1965; Klenk and Eberhagen, 1962 и др.).

Более полные сведения по динамике жира у балтийской трески по стадиям зрелости и различным сезонам года приведены в отечественных работах (Канд, 1949; Пожогина, 1950; Масленникова, 1968). М. И. Шатуновским (1971) определен фракционный состав жиров балтийской трески.

Литературные данные по содержанию гликогена в печени и мышцах трески немногочисленны. В работе М. И. Шатуновского и Л. И. Денисовой (1968) есть данные по количеству гликогена в печени у беломорской трески в зависимости от пола и размерных групп. Камра (Kamra, 1966) на атлантической треске изучал влияние голодания на количество гликогена в печени и глюкозы в крови. В работе Бемица (Beamish, 1968) есть данные по концентрации гликогена и молочной кислоты у атлантической трески в зависимости от упражнений.

Более полные сведения по изменению количества гликогена у трески разного возраста на разных стадиях развития отсутствуют. Не рассматривалась и взаимосвязь углеводного и жирового обменов.

Материал собирали в районе Лиепая, Клайпеды и Готландской впадины в феврале, мае, июле и начале октября 1969—1970 гг. Исследовали пробы мышц, печени и гонад у рыб размерами 20—110 см. в возрасте от 1 до 10 лет. Пробы на жир фиксировали спиртом с последующей экстракцией жира в аппаратах «Микросокслет» сначала серным эфиром, а затем хлороформом. В этих же пробах определяли влагу и сухое вещество. Для определения гликогена навески фиксировали 5%-ным раствором трихлоруксусной кислоты с последующим его осаждением спиртом. Всего было обработано 1200 проб.

Весь полученный материал рассмотрен в возрастном аспекте по отдельным стадиям зрелости (табл. 1—8). По мере полового созревания на различных стадиях половой зрелости в тканях трески наблюдаются закономерные изменения в содержании жира и гликогена. С увеличением возраста самок от трех до шести—семи лет при изменении размеров от 34 до 60—70 см увеличивается относительный вес их печени, удельное содержание жира и гликогена в их организме. У самцов с увеличением возраста от трех до пяти лет также увеличивается относительное и абсолютное содержание жира и гликогена. По достижении самками шестилетнего возраста, а самцами пятилетнего, темп накопления жира и углеводов в организме замедляется, снижается процентное содержание жира и гликогена в печени, увеличивается обводненность всех тканей. Интересно отметить, что у самок возрастные различия выражены в большей степени, чем у самцов.

Так, у самок III—IV стадии зрелости (табл. 1) относительный вес печени трехгодовиков—5,7, у четырех- и пятигодовиков—8,9—9,7, у шестигодовиков он снижается до 8,2. У самцов (табл. 2) различия между особями младшего возраста, модальных возрастных групп и старшими особями меньше.

Можно отметить закономерную связь между показателями жирового обмена самок и самцов трески и степенью развития их гонад, отражающей интенсивность генеративного обмена (табл. 1—4). Как правило, наибольшая интенсивность генеративного обмена свойственна рыбам в возрасте 5—6 лет, у которых уже заметны признаки сокращения интенсивности энергетического обмена. Такой разрыв между большими потребностями в энергетических веществах для развития гонад и уменьшенным содержанием этих веществ в организме ведет к значительному истощению старших рыб, что отмечено в статье М. Н. Кривобока и Г. И. Токаревой, помещенной в данном сборнике.

Наиболее резко возрастные различия проявляются на IV—V стадиях зрелости. Снижение запаса жира и гликогена и увеличение обводненности наблюдается у самок после шести лет, а у самцов — после пяти (табл. 3—4 и 6—8). Некоторое увеличение содержания жира и гликогена в печени рыб старших возрастных групп (8—10 лет) (табл. 3 и 8), очевидно не свидетельствует об их хорошем состоянии. После нереста на VI—II стадии эта треска оказалась более истощенной. Содержание жира в ее печени было на 9,1% ниже, а содержание влаги на 8,1% выше, чем у рыб модальной возрастной группы (4—5 лет) (табл. 5, 17). Такие большие потери жира, связанные с огромными энергетическими затратами организма на процессы воспроизводства у старших возрастных групп, в конечном итоге вызывают естественную смертность рыб (Love, 1970). Это подтверждается данными Г. И. Токаревой (1967) о предельном возрасте балтийской трески.

Признаки старения у самцов появляются раньше, чем у самок, продолжительность их жизни короче. Из табл. 3 и 6 видна большая сопряженность обмена жиров и углеводов. При увеличении возраста самок от 6 до 7 лет удельное содержание жира в их организме (в г жира на 1 кг веса тела) снижается на 35% (с 24,1 до 15,7 г/кг), а

удельное содержание гликогена — на 54%. У самцов от четырех до пяти — шести лет содержание жира в организме снижается на 21%, удельное содержание гликогена на 41%. Возрастные изменения в относительном и удельном содержании гликогена в организме самок и самцов балтийской трески выражены в большей степени, чем возрастные изменения в содержании жира. Между самками и самцами трески наблюдаются значительные различия в содержании жира и гликогена в отдельных тканях. Причем, если в начальный период созревания гонад (см. табл. 1 и 2) по удельному содержанию жира в организме самки в 1,5 раза превосходят самцов, то к началу нереста картина противоположная (см. табл. 3 и 4).

Таблица 1

Содержание жира в печени самок трески в возрасте трех — восьми лет
III—IV стадии зрелости (февраль, 1970 г.)

Показатели	Возраст, годы				
	3	4	5	6	7—8
Число экз.	1	5	5	7	7
Коэффициент зрелости	3,0	7,0	5,1	10,0	6,5
Относительный вес печени	5,7	9,7	8,9	8,2	7,4
Содержание жира в печени					
г	9,9	36,5	50,2	69,0	106,4
г/кг веса рыбы	28,0	40,5	38,0	37,6	28,5
%	58,0	54,6	58,0	51,0	49,5
в мышцах, %	—	0,9	0,6	0,7	0,8
Средний вес рыбы, г	350	900	1320	1832	3721
Средняя длина, см	36	44,9	50,5	62,8	76,3

Таблица 2

Содержание жира в печени и мышцах самцов трески
в возрасте трех — семи лет III—IV стадии зрелости
(февраль, 1970 г.)

Показатели	Возраст, годы			
	3	4	5	6
Число экз.	1	3	4	1
Коэффициент зрелости	12,6	10,8	15,5	19,4
Относительный вес печени	5,0	6,5	7,5	5,5
Содержание жира в печени				
г	10,2	21,6	39,7	40,6
г/кг веса рыбы	23,7	28,8	34,2	25,4
%	60,0	58,3	59,2	61,5
в мышцах, %	1,1	1,3	1,5	—
Средний вес рыбы, г	430	750	1162	1600
Средняя длина, см	35,5	42,3	50,2	59,0

Таблица 3

Содержание жира в печени самок трески
в возрасте трех — одиннадцати лет, IV—V стадии зрелости
(май, 1970 г.)

Показатели	Возраст, годы							
	3	4	5	6	7	8	9	10
Число экз.	2	4	1	1	2	1	4	2
Коэффициент зрелости	11,3	29,3	27,7	50,0	27,5	20,0	32,5	28,0
Относительный вес печени	6,1	7,6	8,4	8,8	7,8	4,4	6,7	7,9
Содержание жира в печени								
г	9,1	20,3	33,7	60,4	65,0	42,7	156,3	253,6
г/кг веса рыбы	19,1	26,2	25,2	24,1	15,7	12,2	18,4	23,6
%	43,5	46,6	43,8	44,1	29,3	27,9	40,5	44,1
Средний вес рыбы, г	475	775	1300	2500	4125	3500	8350	10750
Средняя длина, см	34	42	51	62	76	87	95,2	106

Таблица 4

Содержание жира в печени самцов трески
в возрасте трех — восьми лет на IV—V стадии зрелости
(май, 1970 г.)

Показатели	Возраст, годы			
	3	4	5—6	7—8
Число проб	2	2	4	2
Коэффициент зрелости	17,8	15,0	11,3	11,7
Относительный вес печени	5,8	6,7	5,0	3,3
Содержание жира в печени				
г	19,5	30,7	41,0	45,0
г/кг веса рыбы	32,5	30,7	24,1	13,0
%	65,7	56,8	55,5	47,4
Средний вес рыбы, г	600	1000	1550	3450
Средняя длина, см	40	45	54,5	78

Различия по содержанию гликогена в печени и мышцах между самками и самцами трески более значительны. Причем направленность этих различий на отдельных стадиях зрелости неодинакова. На ранних стадиях созревания гонад содержание гликогена в печени и во всем организме самцов трески в 1,5—2 раза выше, чем у самок (см. табл. 5), перед нерестом наблюдается обратная картина (см. табл. 6). Таким образом, если на ранних стадиях зрелости интенсивность жирового обмена выше у самок, чем у самцов, а интенсивность обмена углеводов выше у самцов, то к началу нерестового периода у самок, очевидно, происходят значительные затраты жира организма, у самцов — глико-

гена (см. табл. 7). Однако, несмотря на разнонаправленность процессов жирового и углеводного обмена в ходе созревания гонад, возрастные изменения показателей энергетического обмена носят сопряженный характер.

Таблица 5

Содержание гликогена у трески разного возраста на II—III стадии зрелости

Средний вес рыб P , г	Средняя длина, см	Коэффициент зрелости (% от P)	Вес печени		Содержание гликогена			Вес гонад, г	Возраст, лет	Число проб
			г	относи- тельный (% от P)	в печени		в мышцах			
					%	г/кг веса рыбы (P)	%			
Самки										
202	28,2	0,5	8,5	4,6	0,95	405	0,005	1,0	2	4
370	36,6	4,6	16	4,6	1,48	565	0,012	2,2	3	5
778	44,7	0,8	45	6,6	0,95	472	0,041	5,6	4	13
1100	50,0	2,8	68	7,8	0,47	343	—	24,0	5	5
3200	78,0	2,3	240	10,0	0,39	292	0,062	54,0	8	1
Самцы										
485	36,5	0,05	33	8,1	0,82	553	0,003	0,2	2	1
465	39,0	—	29	7,2	1,63	1006	0,027	—	3	1
810	44,0	0,2	37	5,2	2,79	1255	0,003	1,4	4	3
970	48,7	0,9	63	7,4	1,54	1227	0,042	4,7	5	4

Таблица 6

Содержание гликогена у трески разного возраста на IV—V стадии зрелости

Средний вес рыб (<i>P</i>) г	Средняя длина (<i>L</i>), см	Коэффициент зрелости (% от <i>P</i>)	Вес печени		Содержание гликогена			Вес гонад, г	Содержание гликогена		Возраст	число проб
			г	относительный (% от <i>P</i>)	в печени		в мышцах		в гонадах			
					%	г/кг веса рыб (<i>P</i>)	%		%	г/кг веса рыб (<i>P</i>)		
Самки												
550	37,0	18,0	35	8,7	1,48	942	0,040	72	0,107	140	3	1
825	43,5	22,1	55	8,3	1,23	831	0,053	146	0,029	67	4	2
1327	49,3	13,5	99	9,6	1,40	1072	0,097	141	0,053	52	5	3
2291	62,2	13,4	151	9,1	1,61	1089	0,048	229	0,400	233	6	5
4464	79,0	14,4	279	8,0	0,73	511	0,113	482	0,092	104	7	5
7000	89,0	12,7	350	6,4	0,64	320	0,100	700	0,117	117	9	1
Самцы												
433	35,7	12,3	22	6,7	1,04	572	0,043	41	—	—	3	3
712	42,0	10,5	34	6,1	0,68	340	0,028	59	—	—	4	4
1130	50,2	16,8	69	8,2	0,40	277	0,025	144	—	—	5	5
1600	58,0	14,9	72	5,9	0,52	307	0,009	184	—	—	6	3
3900	80,0	9,4	103	3,1	0,16	42	—	310	—	—	7	1

Таблица 7

Количество гликогена в печени (мг на кг веса рыбы)
у самок и самцов разного возраста на разных стадиях зрелости

Возраст, годы	Стадии зрелости					Накопление или расход гликогена от II до IV стадии
	juv.	II	III	IV	V	
Самки						
3	175	565	—	942	1284	+1,6
4	194	742	645	831	1231	+1,7
5	—	343	520	1072	2277	+3,1
6	—	—	348	1089	2706	—
7	—	—	480	511	1081	—
Самцы						
3	367	1006	—	572	575	—1,8
4	327	1255	—	340	625	—3,7
5	—	1227	694	277	220	—4,4

Таблица 8

Содержание гликогена в мышцах у самок и самцов
на разных стадиях развития (в %)

Возраст, годы	Стадии зрелости					
	juv.	II	III	IV	V	VI—II
Самки						
3	0,031	0,012	0,075	0,040	0,113	—
4	0,056	0,041	0,088	0,053	0,072	0,025
5	—	—	0,107	0,097	0,105	0,037
6	—	—	0,063	0,048	0,159	0,089
7	—	—	0,152	0,113	—	0,033
Самцы						
3	0,027	0,027	—	0,043	0,087	—
4	0,018	0,003	—	0,028	0,067	0,011
5	—	0,042	0,025	0,025	0,042	0,009

Кроме сравнения половых и возрастных особенностей жирового и углеводного обмена, получены материалы по особенностям жирового и углеводного обмена у рыб, различающихся ритмами сезонных физиологических процессов. Особи, у которых гонады созрели раньше в течение сезона, отличались повышенными показателями энергетического

обмена от особей, нерестившихся позднее. Ихтиологические данные (Бирюков и Широкова, 1969; Токарева, 1967) указывают на то, что наиболее быстроросшие особи первыми приходят на нерестилища. А между скоростью линейного роста и уровнем накопления энергетических веществ в организме у рыб обычно наблюдается положительная корреляция.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установлены возрастные различия в накоплении жира и гликогена у самцов и самок балтийской трески на разных стадиях зрелости.

Отмечено снижение количества жира и гликогена у самок после шести лет (60—70 см) и у самцов после пяти лет при размерах 50—60 см.

На IV—V стадиях зрелости содержание жира и влаги у самок старших возрастных групп (8—10) гораздо больше, чем у трески модальной группы (4—5 лет).

Отмечено более высокое содержание жира на всех стадиях зрелости у ранее созревающей трески.

ЛИТЕРАТУРА

- Бирюков Н. П., Широкова М. Я. О росте трески Балтийского моря. Тр. АтлантНИРО. Вып. 21, 1969.
- Канд М. Э. Содержание жира в печени трески, добываемой в водах Эстонской ССР. «Рыбн. хоз-во». 1949, № 10.
- Масленникова Н. В. Содержание жира в мясе, икре и печени балтийской трески на разных стадиях ее развития. Сб. научно-техн. информ. Вып. 12, ВНИРО. 1966.
- Масленникова Н. В. Связь физиологического состояния балтийской трески с некоторыми показателями химического состава ее мышц, печени и яичников. Автореферат канд. дисс., 1968.
- Похожина П. М. Характеристика печени балтийской трески. «Рыбн. хоз-во». 1950, № 5.
- Токарева Г. И. Динамика популяции балтийской трески в связи с особенностями ее биологии и промысла. Автореферат канд. дисс., 1967.
- Шатуновский М. И., Денисова Л. И. Изменение содержания методов и глюкозы в сыворотке крови и гликогена в печени наваги и трески Белого моря. Научные доклады высшей школы. Биологические науки № 11, 1968.
- Шатуновский М. И. Фракционный состав жиров балтийской трески. «Вопросы ихтиологии», т. 11, № 6, 1971.
- Beamish, F. W. H. Glycogen and lactic acid concentration in Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) in relation to exercise. J. Fish. Res. Bd. Canada, 25 (5), 1968.
- Bogucki, M., Trzesinski, P. Fluctuations in the water and fat content in the cod. J. Cons. 16 (2), 1950.
- Kamra, S. K. Effect of starvation and re-feeding on some liver and blood constituents of Atlantic cod. J. Fish. Res. Bd. Canada 23 (7), 1966.
- Klenk, E. und Eberhagen, D. Über die Zusammensetzung des fettsäuren gemischen verschiedenen Fischöles. Z. Physiol. Chem. Bd. 328, 1962.
- Kordyl, E. Skład chemiczny dorsza i sledzia baltyckiego w zaleznosci od dojrzalosci pleciovej. Prace Morskiego Inst. Ryb. w. Gdyni, n. 6, 1951.
- Love, R. M. The chemical biology of fishes. Acad. Press, 1970.
- Mengi, T. Veränderungen in der chemischen Zusammensetzung des reifenden Ovariums des Ostseedorsches. Kieler Meeresf. Bd. 21, No. 1, 1965.

SOME DATA ON AGE CHANGES IN THE FAT AND CARBOHYDRATE METABOLISM IN BALTIC COD

M. P. Bogoyavlenskaya and I. F. Veltishcheva

Summary

Distinct age changes have been noted in the nature of carbohydrate and fat metabolism in Baltic cod. The share of energy metabolism in the total metabolism of Baltic cod increases with age. Fish of older age groups (females over 5 years and males over 5 years of age) reveal signs of physiological aging, that manifest themselves in the lower intensity of fat and glycogen deposition.

ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ
Труды ВНИРО, том LXXXV «Вопросы физиологии рыб».

Стр.	Строка	Напечатано	Следует читать
9	15-ая сверху	Musqurnus	Misgurnus
10	17-ая сверху	$n \cdot 10^{-4}$	$n \cdot 10^{-11}$
10	22-ая сверху	Cr ⁹⁰	Sr ⁹⁰
10	25-ая сверху	$1,4 \cdot 10^{-10}$, $1,4 \cdot 10^{-6}$	$1,4 \cdot 10^{-10}$, $1,4 \cdot 10^{-8}$, $1,4 \cdot 10^{-6}$
28	Таблица	Cr ¹³⁷	Cs ¹³⁷
60	Таблица 5	г/кг веса рыбы (P)	мг/кг веса рыбы (P)
108	11-ая снизу	$N = (10_n (\lg N_N - \lg N_o) - 1) \cdot 100$	$N = (10 \frac{1}{n} (\lg N_N - \lg N_o) - 1) \cdot 100$
115	21-ая снизу	sakatilis	saxatilis
117	Название статьи	NOTOTENIA	NOTOTHENIA
119	3-я снизу	negleta	neglecta
126	21-ая снизу	antartcum	antarcticum
126	19-ая снизу	gibberibrons	gibberifrons
127	19-ая снизу	жизнестойкое и потомство	жизнестойкое потомство
148	19-ая снизу	(Vallas)	(Pallas)
148	13-ая снизу	Oncorhynchus	Oncorhynchus
148	10-ая снизу	O. mason	O. masu
139	17-ая сверху	сирмана устанавливали на ры- бах, пойманных за 1—2 су- ток до опыта	стандартного обмена
149	Таблица, послед- няя строка	+ + по данным 1962	O. rhodurus + + по данным Hikita, 1962
151	10-ая сверху	Oncorhynchis	Oncorhynchus
152	16-ая сверху	(Baalsrood)	(Baalsrud, 1956)