

УДК 597—11+597—105

**ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТРЕСКИ
СЕВЕРНОГО МОРЯ****М. П. Богоявленская**

Советскими и зарубежными исследователями накоплены обширные материалы по биологии популяций трески, обитающих в различных районах Северной Атлантики. Отмечена специфика экологии этих популяций, связанная с гидрологическими условиями существования, показан различный характер роста, наступления полового созревания, изучена возрастная структура различных популяций трески.

Однако обмен веществ особой этих популяций, определяющий особенности их роста, полового созревания, продолжительности жизни и смертности, изучен сравнительно мало.

В задачу нашей работы входило изучение:

1) сезонных изменений в росте и обмене веществ трески Северного моря для исследований распределения рыб и их пищевой ценности в различные периоды года;

2) возрастных изменений в содержании основных органических веществ у трески в связи с ее созреванием, нерестом и естественной смертностью;

3) физиолого-биохимических особенностей двух популяций трески: североморской, обитающей на юге ареала при наиболее высоких температурах, и балтийской, размножающейся в условиях наиболее низкой солености. Это позволит глубже понять закономерности обмена веществ, роста и динамики численности как этих популяций, так и других более многочисленных популяций атлантической трески.

Изучение особенностей обмена веществ трески Северного моря и в частности ее жирового обмена проводилось нами в разные сезоны года. Материалом для исследований послужили пробы трески, взятые из уловов промысловых судов на севере Северного моря в районе Шетландских островов. Рыбы находились на следующих стадиях зрелости: *juv*, II, V—VI, VI—II, возраст колебался от двух до шести лет, размеры от 32 до 97 см и масса от 360 до 9800 г. Возраст рыб определен Т. И. Токаревой; содержание жира — нами (по методу Фолча), содержание воды в органах и тканях рыб и обезжиренного сухого остатка (белка) — по методике А. А. Лазаревского (1955).

Исследователями (Новикова, 1963; Турук, 1972; Шевченко и др., 1974) отмечены четко выраженные сезонные изменения в содержании жира печени тресковых рыб. У половозрелых рыб это прежде всего связано с нерестом, а затем уже с характером откорма. В начале созревания половых продуктов организм рыбы должен накапливать некоторый резерв энергии для окончательного созревания половых продуктов и нереста. Значительное сокращение жировых запасов в процессе нереста вызвано большими энергетическими затратами рыб в этот период и снижением интенсивности питания. По окончании нереста (в мае—июле) треска начинает усиленно питаться и снова накапливает жир.

Относительное содержание (в %) сухого вещества (I), влаги (II), жира (III),

Стадия зрелости	Возраст	Средняя длина, см	Средняя масса, г				Коэффициент зрелости, %	Относительная масса печени, %	Печень		
			весей рыбы	тушки	печени	гонад			I	II	III
juv.	2+	32	373	327	5,2	—	—	1,6	27,1	82,9	12,5
											<i>Самки</i>
I—II	3	54	1514	1370	22,8	3,2	0,2	1,4	32,4	67,6	20,2
I—II	3	58	1974	1650	60,0	19	1,1	3,6	42,5	57,5	31,4
I—II	3+	55	1975	1355	40,0	10	0,7	2,9	51,0	48,9	43,1
V—VI	4	68	3138	2843	115,0	20	0,7	4,0	39,3	60,7	27,8
V—VI	5	80	4767	4217	133,0	47	1,1	3,1	40,5	59,5	28,1
VI—II	4	69	2955	2728	84,0	15,2	0,5	3,0	42,6	57,4	29,0
VI—II	4	71	3528	3110	96,0	10,2	0,3	2,9	47,3	52,7	37,8
VI—II	4	77	4525	3815	118,0	19,0	0,5	2,8	39,8	60,2	25,7
VI—II	5	77	3950	3670	73,0	20,9	0,5	2,2	41,8	58,2	34,6
VI—II	5	78	3955	3575	95,0	16,1	0,4	2,6	46,6	63,4	29,5
VI—II	6	85	7550	4950	153,0	26,0	0,5	3,1	47,8	52,2	34,1
VI—II	6	97	9800	8100	600,0	100	1,2	7,4	45,4	54,6	33,9
											<i>Самцы</i>
juv.	2+	36	447	403	7,0	0,1	0,02	1,7	28,0	72,0	14,4
I—II	3	50	1200	1100	25,0	0,5	0,04	2,2	23,4	76,6	10,1
I—II	3	52	1338	1225	65,0	0,3	—	3,3	45,3	54,5	34,4
V—VI	3	55	1400	1270	14,7	1,5	0,1	1,1	35,5	85,2	12,5
V—VI	3	62	2130	1835	60,0	1,5	0,1	5,0	54,2	45,2	45,8
V—VI	4	64	2463	2221	90,0	1,6	0,1	4,0	48,3	51,6	33,0
VI—II	3	49	1100	1010	17,0	0,5	0,1	1,5	36,9	63,1	24,2
VI—II	4	64	2385	2141	89,0	6,9	0,3	4,1	47,2	52,7	36,6
VI—II	4	66	2990	2458	56,0	0,6	0,02	2,0	34,4	65,6	23,0
VI—II	5	90	5896	5100	400,0	9,0	0,2	7,8	46,4	53,6	39,0

Примечание. Среднее количество рыб в выборках — от двух до пяти.

Для неполовозрелой части популяции на динамику содержания жира влияют главным образом условия откорма и зимовки. Мы исследовали североморскую треску на V—VI, VI—II и II стадиях зрелости и, таким образом, смогли проследить состояние рыб после нереста и изменениями в их обмене веществ при начавшемся откорме (табл. 1—6).

Из табл. 1 видно сильное посленерестовое истощение трески, низкая относительная масса печени (2,6—4%), низкое относительное содержание жира печени (у самок 27—30%, у самцов — 29, минимум 12%), большая обводненность мышц (84—86%) и низкое содержание в мышцах белка (12—15%) — при содержании жира в них 0,7—1%. Такое же содержание жира в белках мышцах трески отмечено и Экманом (Askman, 1967).

В гонадах трески в это время содержание воды было высоким (у самцов 89—93%, а у самок 85—89%). Большие энергетические затраты в преднерестовый период и во время нереста вызывают сильное истощение рыб и повышенную обводненность их мышц. По данным Лава (Love, 1970), у североморской трески при голодании в течение нескольких месяцев содержание воды в мышцах увеличивалось до 86—88% при снижении относительного содержания белка до 13—14%. В. М. Борисов и М. И. Шатуновский (1973) указывают на сильное посленерестовое истощение баренцевоморской трески, особенно ее старших возрастных групп, составляющих, таким образом, основную часть рыб, погибающих от естественных причин. В наших материалах североморская

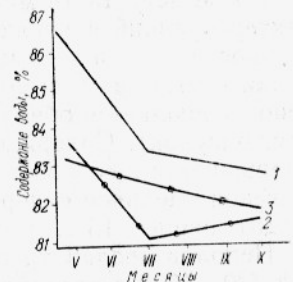
белка (IV) в печени, мышцах, гонадах североморской трески (апрель, май)

IV	Белые мышцы				Красные мышцы				Гонады			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
14,6	17,2	82,8	0,8	16,4	—	—	—	—	—	—	—	—
12,2	17,4	82,6	0,9	16,5	—	—	—	—	13,2	87,8	1,1	12,1
11,1	14,2	85,7	0,8	13,4	17,1	83,9	1,6	15,5	15,0	84,9	1,3	13,7
7,9	—	—	—	—	—	—	—	—	15,5	84,5	1,6	13,9
11,5	13,6	86,3	0,7	12,9	15,3	84,7	1,8	13,5	14,9	85,0	1,5	13,4
12,4	13,9	86,1	0,9	13,0	14,7	85,3	1,6	13,1	10,6	89,4	1,4	9,2
13,5	17,5	82,5	1,0	16,5	—	—	—	—	14,3	83,3	1,5	12,8
9,5	15,5	84,5	0,8	14,7	—	—	—	—	—	—	—	—
14,1	15,9	84,1	0,7	15,2	—	—	—	—	—	—	—	—
7,2	16,6	83,4	0,8	15,8	—	—	—	—	—	—	0,8	—
17,1	17,7	82,9	1,3	16,4	—	—	—	—	14,7	85,3	1,8	12,9
13,7	—	—	—	—	17,3	82,2	1,5	15,9	13,7	86,3	1,4	12,3
11,5	13,5	81,5	0,8	12,7	—	—	—	—	—	—	—	—
13,6	17,4	82,6	1,0	16,4	—	—	—	—	—	—	—	—
13,3	16,8	83,2	0,7	16,1	—	—	—	—	—	—	—	—
11,0	15,4	84,4	0,8	14,4	—	—	—	—	—	—	—	—
23,0	17,6	82,4	0,7	16,9	—	—	—	—	19,6	80,4	1,4	18,6
8,7	16,3	84,0	1,0	15,3	—	—	—	—	6,7	93,2	1,8	11,6
15,3	15,9	84,0	1,0	14,9	16,6	83,4	1,5	15,1	19,1	89,8	2,9	7,8
12,7	17,9	82,1	1,0	16,9	—	—	—	—	—	—	—	—
11,2	16,4	83,3	1,0	15,4	16,3	83,7	1,3	15,1	12,9	87,0	1,6	11,4
11,4	17,9	82,1	1,0	16,9	—	—	—	—	—	—	—	—
7,0	17,1	82,9	1,2	15,9	—	—	—	—	15,6	84,4	2,4	13,2

треска была представлена в основном четырех- и пятилетками. Однако и эти рыбы после нереста были сильно истощены: у самок удельное содержание жира составляло от 6 до 10 г, а у самцов от 1 г до 13 на 1 кг массы рыбы (табл. 2). Из рисунка, на котором представлена динамика содержания воды в мышцах трески в разные сезоны года, следует, что наиболее сильно во время нереста истощаются самки, очевидно, вследствие гораздо больших затрат энергии в процессе созревания икры, чем молок.

Для неполовозрелых рыб в разные сезоны года можно отметить довольно постоянное содержание (81—83%) воды в мышцах. То же самое отмечено для неполовозрелой баренцевоморской трески Н. П. Макаровой (1968), В. М. Борисовым и М. И. Шатуновским (1973) и Лавом (Love, 1970) для трески Северного моря.

В красных (бурых или темных) мышцах трески даже в посленерестовый период показатели жира, белка сравнительно высоки. Как показали наши эксперименты с балтийской треской и камбалой, обмен веществ в красных



Содержание воды в белых мышцах трески Северного моря в разные сезоны года:

1 — самки; 2 — самцы;
3 — неполовозрелые рыбы.

мышцах более интенсивен, чем в белых, о чем свидетельствует высокий уровень включения радиоактивного углерода в органические вещества этих мышц. В период максимального истощения организма (посленерестовый) у рыб было отмечено максимальное включение радиоактивного углерода в белки, жиры, гликоген печени, что указывает на начало восстановительных процессов в организме рыб.

Таблица 2

Содержание жира (в г на кг массы рыбы) (в апреле, мае)
в организме североморской трески

Стадия зрелости гонад	Возраст	Средняя длина, см	Средняя масса, г		Содержание жира		Стадия зрелости гонад	Возраст	Средняя длина, см	Средняя масса, г		Содержание жира	
			рыбы	печени	% печени	в г на кг массы				рыбы	печени	% печени	в г на кг массы
<i>Самки</i>													
I—II	3	58,0	1974	60	31,4	9,5							
juv.	3+	55,0	1975	40	—	—							
II	3	54,0	1514	22,8	20,2	3,0							
V—VI	4	68,0	3138	115,0	27,8	10,1							
V—VI	5	80,0	4767	133,0	28,1	7,8							
VI—II	4	69,0	2955	84,0	29,0	8,2							
VI—II	4	71,0	3528	96,0	37,8	10,2							
VI—II	4	77,0	4525	118,0	25,7	6,6							
VI—II	5	77,0	3950	73,0	34,6	6,4							
VI—II	6	85,0	5750	153,0	34,1	9,1							
VI—II	6	97,0	9800	600,0	33,9	20,7							
<i>Самцы</i>													
uv.	2+	36,0	447	7,0	14,4	2,2							
uv.	3	50,0	1200	25,0	10,1	2,1							
I—II	3	52,0	1338	65,0	34,4	16,7							
V—VI	3	55,0	1400	14,7	12,5	1,3							
V—VI	3	62,0	2130	60,0	45,8	12,8							
V—VI	4	64,0	2463	90,0	33,0	12,0							
VI—II	3	49,0	1100	17,0	24,2	3,7							
VI—II	4	63,0	2385	89,0	39,6	13,6							
VI—II	4	66,0	2990	56,0	23,0	4,3							

В некоторых случаях включение радиоактивного углерода в печень было незначительным. Видимо, клетки истощенной печени не в состоянии были удовлетворить сильно возросшие потребности организма в энергетических веществах. По нашим данным, подтвержденным работами других исследователей (Braekken, 1956; Wittenberger and Oros, 1961), в этом случае увеличивается интенсивность включения радиоактивного углерода в органические вещества красных мышц, т. е. красные мышцы как бы дополняют роль печени.

Таким образом, более высокие биохимические показатели красных мышц у североморской и балтийской трески и у камбалы, а также более интенсивный обмен веществ в них указывают на различное функциональное значение этих мышц.

После нереста (в мае—июле) начинается период откорма трески, характеризующийся увеличением основных биохимических показателей жирности печени у самцов до 47—57%, у самок до 40—60% (табл. 3), белка в мышцах у самок до 15—17%, у самцов до 17—18%. Соответственно уменьшается обводненность мышц: до 80% у самцов и 83% у самок (см. рисунок). Содержание воды в гонадах самок в этот период также уменьшается с 85—89 до 82%. Значительно увеличивается по сравнению с весной удельное содержание жира в теле рыб. У самок оно составляет в этот период 15 г, у самцов 17—19 г на 1 кг массы тела (табл. 4).

Неполовозрелая треска (стадии I—II) размерами 35—52 см, массой 430—1500 г отличалась сравнительно высокой относительной массой печени (5—9%), относительно высокой жирностью печени (40—63%) и мышц (1,1%), высоким содержанием белка (17—18%) при содержании воды 81—83%.

Североморская треска, пойманная к югу и северу от Шетландских островов в октябре, находилась на II стадии зрелости, основную массу рыб составляли четырехлетки (самки размером 66 см, самцы 71 см).

Относительное содержание (в %) сухого вещества (I), влаги (II), жира (III), белка (IV) в различных частях тела североморской трески в июле и октябре

Стадия зрелости гонад	Возраст, годы	Средняя длина на рыб, см	Средняя масса, г				Коэффициент зрелости, %	Относительная масса печени, %	Печень				Белые мышцы				Гонады			
			всей рыбы	тушки	печени	гонад			I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	VI
<i>Самки</i>																				
I—II	2	35,0	430	340	15,7	1,1	0,3	4,6	56,3	43,7	49,9	10,2	18,2	81,8	1,2	17,0	—	—	—	—
I—II	2+	39,5	570	500	28,3	1,2	0,2	5,6	66,8	33,2	58,9	7,9	17,7	82,3	1,0	16,6	—	—	—	—
I—II	3	51,0	1530	1230	115	3,1	0,2	9,3	77,5	22,5	63,0	14,2	18,8	81,2	1,2	17,6	16,9	83,1	3,9	13,0
II	4	66,0	4594	3700	176	7,3	0,2	4,6	52,0	48,0	39,4	12,5	16,4	83,6	0,9	15,4	17,3	82,8	1,6	15,0
II	5	94,0	8000	7000	500	50,0	0,2	7,1	68,8	31,2	60,9	7,8	17,6	82,4	0,9	16,7	—	—	—	—
<i>Самцы</i>																				
I—II	2+	43,0	820	690	49	1,0	0,1	7,1	61,9	38,0	54,1	7,8	18,0	81,9	1,1	16,9	12,5	87,5	2,6	12,4
II	3	54,0	2150	1900	103	22,5	0,1	5,4	73,7	25,3	51,3	22,4	17,8	82,2	1,1	16,6	—	—	—	—
II	4	64,0	3420	2900	125	1,1	0,03	4,3	57,0	42,8	47,3	9,9	18,0	80,4	1,0	17,8	—	—	—	—
II	4+	71,0	5400	4750	185	1,2	0,02	3,8	65,0	34,6	56,9	8,5	19,7	80,3	0,9	18,7	—	—	—	—

Примечание. Среднее количество рыб в выборках колеблется от трех до пяти.

Как видно из табл. 5, наметилась некоторая тенденция к увеличению содержания жира в печени трески: у самок содержание жира в печени увеличилось от 36,9 до 67%, у самцов — от 49 до 56%. Содержание воды и белка в мышцах осенней трески (как самцов, так и самок) было примерно таким же, как и летом. Удельное содержание жира (т. е. содержание жира в г на 1 кг массы тела рыбы) у самцов было примерно таким же, как и в июле, а у самок — даже несколько ниже (см. табл. 4). На жирность трески в посленерестовый период влияет комплекс факторов, наиболее важными из которых являются состояние кормовой базы и термический режим моря.

Таблица 4

Содержание жира (в г на кг массы рыбы) в июне и октябре

Стадия зрелости гонад	Возраст, годы	Средняя длина тела, см	Средняя масса, г		Содержание жира	
			рыбы	печени	в печени, %	на 1 кг массы рыбы, г
Июль						
<i>Самки</i>						
I—II	2	35,0	430	15,7	49,9	18,1
I—II	2+	39,5	570	28,3	58,9	33,1
I—II	3	51,0	1530	115,0	63,0	47,3
II	4	66,0	4594	176,0	39,4	15,1
II	5	94,0	8000	500,0	60,9	38,0
<i>Самцы</i>						
I—II	2+	43,0	820	49,0	54,1	32,3
II	3	54,0	2150	103,0	51,3	24,6
II	4	64,0	3420	125,0	47,3	17,3
II	4+	71,0	5400	185,0	56,9	19,4
Октябрь						
juv.	1	32,0	360	8,0	48,6	10,8
juv.	2	37,3	523	9,0	31,5	5,4
juv.	2+	43,0	750	14,7	46,1	9,0
juv.	3	50,2	1353	36,0	50,5	13,4
juv.	3+	36,0	547	13,8	20,0	5,0
<i>Самки</i>						
II	3	61,3	1963	51,0	37,3	9,7
II	4	71,0	2900	80,0	67,2	12,8
II	5	67,0	3410	77,0	36,9	8,3
<i>Самцы</i>						
II	3	55,0	1696	38,4	36,5	14,0
II	4	63,7	2404	82,5	55,7	19,1
II	5	78,0	3962	118,0	49,2	14,6

Примечание. Среднее количество рыб в выборках колеблется от трех до пяти (для июля) и от трех до одиннадцати (для октября).

Из сравнения удельного содержания жира в организмах североморской и балтийской трески видно (табл. 6), что у североморской трески четырех и пяти лет содержание жира (в г на 1 кг массы) тела в 2—3 раза ниже, чем у балтийской. Разный уровень жирового обмена трески Северного и Балтийского морей обусловлен различными гидрологическими условиями их существования. Вследствие воздействия Гольфстрима треска Северного моря обитает при почти постоянной температуре воды (плюс 11÷13°С), а балтийская треска — в условиях большей изменчивости температур и сильной опресненности моря. В связи с этим

нерестилища балтийской трески расположены только в придонных слоях, где соленость должна быть не ниже 10—11%, а содержание кислорода не менее 1 мг/л (Токарева, 1954). Эта треска, приспособленная к жизни в столь специфических гидрологических условиях, является, как уже указывалось, короткоцикловой рыбой, характеризующейся ранним половым созреванием, низким темпом роста и сравнительно высоким уровнем жирового обмена, который поддерживается и во время нереста, так как балтийская треска не перестает питаться.

Таблица 6

Удельное содержание жира трески Северного и Балтийского морей

Возраст, годы	Средняя масса рыб, г	Средняя длина на рыб, см	Содержание жира, г на кг массы	Возраст, годы	Средняя масса рыб, г	Средняя длина на рыб, см	Содержание жира, г на кг массы
VI—II стадии зрелости				III—IV стадии зрелости			
<i>Балтийское море</i>							
самки				самки			
5	1260	51	20,7	4	825	42,8	40,2
6	1940	63	36,7	5	1483	51,5	36,0
самцы				самцы			
4	555	42	20,8	—	—	—	—
5	1260	53	13,7	—	—	—	—
<i>Северное море</i>							
самки				самки			
4	4525	77	6,6	4	4525	77,0	22,2
5	3950	77,0	6,4	5	3950	77,0	14,7
самцы				самцы			
4	2458	66	7,3	—	—	—	—

Для североморской трески, приспособленной к более теплым водам, характерно пониженное накопление жира, высокий расход энергетических и пластических запасов во время нереста, приводящий к сильному истощению и часто к гибели рыб. За период нереста самки трески Северного моря теряют от $\frac{1}{10}$ до $\frac{1}{7}$ массы тела, самцы — от $\frac{1}{20}$ до $\frac{1}{14}$. В то же время треска Северного моря характеризуется повышенной интенсивностью белкового роста.

ВЫВОДЫ

1. Североморская треска, обладающая наиболее высоким темпом роста среди популяций трески Северной Атлантики, в то же время наиболее рано созревает.

Половозрелость у самцов наступает при длине 50—55 см, у самок при длине 60 см в трехлетнем возрасте. При сильном посленерестовом истощении североморской трески сводится к минимуму содержание в ее организме белка и жира. У самок 4—5 лет удельное содержание жира снижается до 6—10 г на кг массы, у самцов до 1 года — 10—13 г на кг. Обводненность мышц доходит до 86% при низком содержании белка (12—15%). У более старших возрастных групп трески посленерестовое истощение часто сопровождается гибелью.

2. Запасы белка и жира у североморской трески восстанавливаются в летне-осенний сезон, в период интенсивного откорма рыб. В это время удельное содержание жира у самок повышается до 15—16 г на кг массы, у самцов — до 17—19 г/кг. Обводненность мышц уменьшается до 80—82%, а содержание белка в них увеличивается до 16—18%.

3. Во все сезоны года отмечено более высокое содержание белка и жира в красных мышцах трески по сравнению с белыми. Более интенсивный обмен веществ в красных мышцах (о чем свидетельствуют данные по максимальному включению радиоактивного углерода в органические вещества этих мышц) указывает на различное функциональное значение белой и красной мускулатуры рыб.

4. Темп белкового роста у балтийской трески ниже, а уровень ее жирового обмена выше, чем у североморской, причем высокое удельное содержание жира в организме у балтийской трески сохраняется во время нерестового и посленерестового периода, что определяет большую массу ее половых продуктов и большую плодовитость, чем у североморской. Разный характер обмена веществ трески этих двух популяций можно рассматривать как адаптацию, возникшую в процессе приспособления к жизни в определенных гидрологических условиях среды.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Борисов В. М., Шатуновский М. И. О возможности применения показателя влажности для оценки естественной смертности баренцевоморской трески. Труды ВНИРО, 1973, т. 93, с. 311—321.

Макарова Н. П. Некоторые данные об изменениях жирности трески Баренцева моря. Материалы по экологии трески Северной Атлантики, 1962, с. 96—132.

Новикова Н. С. Некоторые данные о жирности трески и пикши Баренцева моря. Труды ПИНРО, 1963, вып. XV, с. 149—162.

Турук Т. И. Колебания относительного веса печени атлантической трески. Труды ПИНРО, 1972, вып. XXVIII, с. 88—94.

Токарева Т. И. Рост и возрастной состав трески в юго-восточной части Балтийского моря. Труды ВНИРО, 1954, т. XXVI, с. 67—78.

Шевченко В. В., Полонский А. С., Шатуновский М. И. Биопродукционные особенности популяции пикши Северного моря. М., ОНТИ ВНИРО, 1974, с. 3—80.

Аскман, R. G. The influence of lipids on fish quality. J. of Food Techn. N 2, 1976, pp. 169—179.

Браеккан, O. R. (1956). Function of the red muscle in fish. Nature, Lond., 178, 747—8.

Love, R. M. The chemical biology of fishes. Acad. Press London, 1970.

Wittenberger, C. and I. Öros. (1961). Research on the physiology of teleost striped muscle. Contributions to the study of lateral muscles in several marine fish. Studii Cerc. Biol., S 12, 333—41.

Physiological-biochemical peculiarities of cod from the North Sea

M. P. Bogoyavlenskaya

SUMMARY

The investigations have indicated that in the post-spawning period cod are exhausted, the content of protein and fat is the lowest. The content of fat in 4- and 5-year-old females decreases to 6—10 g per kilogram of weight, in males it drops to 1—13 g. The water content in muscles is as high as 86% while the protein content is 12—15%. The post-spawning exhaustion in older age groups may be frequently the cause of natural mortality.

The comparative studies of the growth and metabolic rates in cod from the Baltic and North Sea have revealed that the growth rate in the Baltic cod is lower whereas the fat metabolism is higher than in the North Sea cod.

The different rates of growth and metabolism in the two populations of cod can be viewed as adaptation to different environmental conditions.