

Том
ХСІІВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
МОРСКОГО РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА И ОКЕАНОГРАФИИ
(ВНИРО)

1973

УДК 597.152,6 : 597.562 (268.45)

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЯ ОВОДНЕННОСТИ ТКАНЕЙ
ДЛЯ ОЦЕНКИ ЕСТЕСТВЕННОЙ СМЕРТНОСТИ БАРАНЦЕВОМОРСКОЙ ТРЕСКИВ.М.Борисов,
М.И.Шатуновский
ВНИРО

Одним из показателей физиологического состояния рыб является содержание воды в организме, подверженное сезонным и возрастным изменениям.

В ходе раннего онтогенеза, пока происходят клеточные деления, содержание воды в организме рыб увеличивается. В дальнейшем, с ростом соматических клеток и увеличением доли соединительной и жировой ткани, относительная влажность проявляет тенденцию к снижению. Этот процесс продолжается до определенного возраста, после которого содержание воды в организме рыб вновь начинается увеличиваться (Templemen & Andrews, 1956; Love, 1970, и др.). Последними работами по физиологии балтийской трески показано, что у особей старших возрастных групп с каждым последующим нерестом возрастает расход энергетических ресурсов на генеративный обмен; а эффективность использования пищи на рост заметно снижается (Кривобок, Токарева, 1972; Шатуновский, 1971). В результате этого наблюдается прогрессирующее с возрастом истощение, сопровождающееся накоплением воды в организме. Наиболее истощенные особи, несмотря на активное питание после нереста, чрезвычайно медленно восстанавливают израсходованные запасы и поэтому в первую очередь элиминируются из популяции по самым различным причинам.

В настоящей работе приводятся материалы по возрастной динамике содержания воды в теле баранцевоморской трески и обсуждается возможность определения ее естественной

смертности по учету доли истощенных (с повышенной оводненностью тканей) рыб в каждой возрастной группе.

Материал (468 проб) собран в весенних (март-май) рейсах научно-исследовательских судов ПИНРО в 1971-1972 гг. из районов Северо-западного побережья Норвегии. Пробы - очищенные от кожи и костей кусочки мышц трески из области первых туловищных сегментов навеской 10 г - высушивались непосредственно на судне по способу, предложенному М.Н.Кривобоком и О.Н.Тарковской (1957), а затем в лабораторных условиях доводились до постоянного веса.

Для сравнения оводненности тканей у рыб разного возраста использовалось отношение $\frac{CO}{B}$, показывающее, какое количество сухого остатка (CO) приходится на единицу веса воды (B). Обычно определяемое процентное содержание влаги менее точно отражает изменения ее абсолютного количества, так как отыскивается от общего веса, на котором отражаются эти изменения. Например, у рыбы весом 100 г вода составляет 70%, т.е. 70 г, а при накоплении воды до 80 г и увеличении общего веса соответственно до 110 г влажность составит $\frac{80}{110} \times 100\% = 72,7\%$, т.е. увеличится в $\frac{72,7\%}{70\%} = 1,039$ раза, тогда как фактическое содержание воды возрастает в $\frac{80}{70} = 1,143$ раза. Сравнение показателей $\frac{CO}{B}$ дает ту же величину: $\frac{\frac{30}{70}}{\frac{30}{80}} = 1,143$.

Кроме того, использование показателя $\frac{CO}{B}$ удобно для оценки общего энергетического состояния рыб. В данном случае в одной величине одновременно отражаются и изменения содержания воды, и расход мышечного белка. Изменения содержания жира в мышцах баренцевоморской трески незначительны - от 0,5 до 0,8% и почти не влияют на калорийность.

Для удобства сравнения полученных данных с имеющимися в литературе данными по процентному содержанию воды в мышцах трески приводим схему обратного пересчета: процентное содержание воды = $100 : (\frac{CO}{B} + 1)$.

Анализ динамики отношения $\frac{CO}{B}$ показывает, что у 3-9-летней трески на II стадии зрелости эта величина не претерпевает сколько-нибудь заметных изменений, если не считать слабой

тенденции к ее понижению с возрастом рыб (табл. I). Отклонения от средних внутри каждой возрастной группы незначительны. Коэффициенты вариации не превышают 4,5%. Раздельное вычисление средних по самцам и самкам дает сходные результаты, т.е. половых различий по этому показателю у незрелых рыб не обнаруживается.

То же можно сказать и о самцах, подготовившихся к нересту в текущем году (IV стадия зрелости). Общее среднее отношение $\frac{CO}{B}$ у этих самцов примерно такое же, как у рыб на II стадии зрелости. Коэффициенты вариации изучаемого показателя также невелики, лишь у особей 7-9-летнего возраста можно отметить некоторое их повышение (до 5,32-5,37%).

Самки на IV стадии зрелости представлены более широким возрастным рядом. Это позволяет, несмотря на малое число экземпляров в старших группах, все же увидеть общую тенденцию к снижению у них показателя $\frac{CO}{B}$, начиная с 9-летнего возраста. Средняя величина $\frac{CO}{B}$ этой группы (0,2277) оказывается заметно ниже трех предыдущих (0,2393 - самцы и самки II стадии и 0,2399 - самцы IV стадии зрелости), а коэффициент вариации выше. Это свидетельствует о большей оводненности мышц созревающих самок и их большем истощении, а также о высокой изменчивости самок по этому признаку.

Такие же изменения свойственны и отнерестившимся самкам, у которых наибольшее истощение и, следовательно, наибольший расход мышечного белка приходится на возраст старше 13 лет. Видимо, этот процесс начинается еще раньше, что можно было бы проследить при наличии материала по соответствующим возрастам. К сожалению, в настоящее время треска в уловах в возрасте старше 9-10 лет встречается исключительно редко. Это затрудняет возможность проверки отмеченной закономерности на большем числе экземпляров. Тем не менее, имеющийся в нашем распоряжении материал дает довольно четкую картину изменения показателя $\frac{CO}{B}$. Наиболее высок он у несозревших рыб и самцов на IV стадии зрелости. Наиболее низок - у преднерестовых и особенно посленерестовых самок. Промежуточное положение занимают отнерестившиеся самцы.

Вычисление средних по возрастным группам показывает относительную стабильность показателя $\frac{CO}{B}$ у рыб до 9-летнего возраста, после чего он снижается, что особенно заметно у рыб старше 13 лет.

Таблица I

Изменения показателя $\frac{CO}{B}$ у баренцевоморской трески с возрастом на разных стадиях зрелости

Возраст, годы	Стадия зрелости II			Стадия зрелости IV			Стадия зрелости VI-II			Средние по возрастам		
	CO B	Коэффициент вариации $\frac{CO}{B} \%$	n	CO B	Коэффициент вариации $\frac{CO}{B} \%$	n	CO B	Коэффициент вариации $\frac{CO}{B} \%$	n	CO B	Коэффициент вариации $\frac{CO}{B} \%$	n
3	0,2406	1,95	3	-	-	-	-	-	-	0,2407	1,79	7
	0,2407	1,95	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	0,2473	2,30	10	-	-	-	-	-	-	0,2458	3,05	14
	0,2419	4,30	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	0,2469	3,24	8	0,2381	-	1	-	-	-	0,2447	3,31	28
	0,2441	3,07	18	0,2456	-	-	-	-	-	-	-	-
6	0,2400	2,58	7	0,2431	2,14	4	0,2416	3,19	4	0,2414	4,20	30
	0,2419	4,50	11	0,2451	-	1	0,2458	4,07	3	-	-	-
7	0,2356	2,89	29	0,2368	5,32	13	0,2288	3,02	6	0,2365	4,02	125
	0,2389	3,43	58	0,2304	4,34	10	0,2362	5,16	9	-	-	-
8	0,2376	3,41	15	0,2413	4,27	32	0,2369	3,88	12	0,2352	4,97	146
	0,2375	1,01	30	0,3212	5,62	44	0,2239	6,16	13	-	-	-
9	0,2340	2,63	5	0,2385	5,37	11	0,2449	4,90	4	0,2282	4,92	66
	0,2335	3,77	9	0,2197	7,10	25	0,2239	6,70	12	-	-	-
10	-	-	-	0,2361	2,67	4	-	-	-	0,2349	4,64	16
	-	-	-	0,2356	3,65	7	0,2332	7,50	5	-	-	-
11	-	-	-	0,2421	3,76	3	-	-	-	0,2414	4,52	7
	-	-	-	0,2409	5,19	4	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	0,2477	-	1	-	-	-	0,2344	4,82	3
	-	-	-	0,2297	2,35	2	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2097	9,44	11
	-	-	-	0,2195	5,47	4	0,2041	10,39	7	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	0,2200	-	1	0,2164	7,61	5
	-	-	-	0,2306	3,04	2	0,1995	0,50	2	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2239	4,24	2
	-	-	-	-	-	-	0,2230	4,24	2	-	-	-
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2130	7,25	4
	-	-	-	0,2229	3,07	3	0,2032	-	1	-	-	-
17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2052	10,87	2
	-	-	-	0,1895	-	1	0,2210	-	1	-	-	-
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2142	5,87	2
	-	-	-	0,2066	-	1	0,2218	-	1	-	-	-
Средние по ста- диям зрелос- ти	0,2393	3,65	77	0,2399	4,56	69	0,2364	4,47	97	0,2348	5,63	468
	0,2393	3,77	134	0,2277	5,88	105	0,2241	7,79	56	-	-	-

Примечание. В дробях: числитель - самцы, знаменатель - самки.

Уменьшение величины $\frac{CO}{B}$ у старших возрастных групп происходит не вследствие большего или меньшего снижения ее у всех рыб данного возраста, а из-за наличия определенного числа экземпляров с повышенной оводненностью тканей. У некоторых старших особей трески показатели $\frac{CO}{B}$ остаются по-прежнему довольно высокими. Если однозначно допустить, что повышенная оводненность тканей является результатом повышенного расхода мышечных белков и общего истощения рыбы, то в каждой возрастной группе можно выявить долю таких истощенных рыб. Для этого за исходную была принята условная величина $\frac{CO}{B}$, равная 0,2200, полученная путем вычисления минимальной границы доверительного интервала по общей средней для самцов и самок во II стадии зрелости. Все особи, у которых показатель $\frac{CO}{B}$ был ниже этой величины, считались истощенными (ослабленными). Результаты такого анализа приведены в табл.2. В младших возрастных группах такие экземпляры не обнаруживаются. Впервые они появляются среди 7-8-летних рыб, причем позднее у тех, которые созревают в более старшем возрасте. Проверка 2II неполовозрелых особей показала, что среди них ослабленные экземпляры составляют 2,2-2,6%; несколько выше их доля среди самцов, подготовившихся к нересту (5,6% при $n=69$); отнерестившиеся самцы дают 14,8% ($n=27$), а у самок на IV стадии зрелости и после нереста число ослабленных рыб возрастает соответственно до 23,8% ($n=105$) и 51,6% ($n=56$).

При рассмотрении результатов по каждой возрастной группе видно, что появление особей с повышенной оводненностью мышц подчиняется общей закономерности: их доля возрастает от 0 у 3-6-летних рыб до 70-100% у 13-18-летних.

Эмпирическое расположение точек на рисунке на дает возможности увидеть точный ход кривой такого возрастания. Тем не менее ясно, что искомая функция должна быть асимптотической, так как она стремится к определенным пределам: к 0% при минимальных значениях аргумента и к 100% при его максимальных значениях. О логистическом характере кривой говорит первоначальное увеличение доли истощенных экземпляров. В старших возрастных группах можно ожидать некоторого замедления этого процесса, по мере того как уменьшается доля рыб, все еще сохраняющих высокое содержание мышечного белка. Исходя

из этого, при выравнивании эмпирического ряда (методом наименьших квадратов) за основу было принято уравнение вида

$$y = \frac{A}{1 + 10^{a+bx}} + c.$$

Искомой теоретической линии регрессии соответствуют следующие параметры уравнения: A — верхняя асимптота кривой, равная 100; c — нижняя асимптота, равная 0; $a = 2,894$ и $b = -0,239$ — параметры, определяющие наклон и точки перегиба кривой; x — возраст рыб; y — процент истощенных экземпляров в соответствующей возрастной группе.

Полученные результаты показывают, что неполовозрелой треске свойственно приблизительно постоянное содержание воды в мышцах. Об этом же свидетельствуют и данные Н.П. Макаровой (1968) по более мелким рыбам, начиная с размеров 10–20 см, и данные Лава (Love, 1970) по североморской треске.

Так же как у североморской и балтийской трески (Love, 1970; Шатуновский и др., 1972), у баранцевоморской в нерестовый сезон расходуется не только резервный жир из печени, но и значительное количество белка из мышц. О процентном снижении белка в мышцах баранцевоморской трески (на 2–3%) говорит и снижение показателя $\frac{CO}{B}$ с 0,25–0,24 до 0,23–0,21. В первую очередь мышечные и саркоплазматические белки тратятся на формирование икринок. Другая часть белково-фосфолипидных комплексов мышц трески расходуется на энергетический обмен (Шатуновский, 1971).

С возрастом, по мере увеличения относительной массы выметываемых половых продуктов, возрастают и расходы мышечного белка. При этом устойчиво повышается степень посленерестового истощения, о котором можно судить по содержанию влаги в мышцах.

Процессы истощения рыб в естественных условиях успешно имитируются в экспериментах по голоданию. В частности, у североморской трески, голодавшей в аквариуме несколько месяцев, отмечено увеличение содержания воды в мышцах до 86–88% при снижении относительного содержания в них белка в 1,25 раза, т.е. примерно с 17–18 до 13–14% (Robertson et al., 1957; Love, 1958; Sutton, 1968). Нужно отметить, что у рыб в большей степени, чем у наземных позвоночных, всякое ослабление и

истощение организма сопровождается изменениями содержания воды в теле. Это вызвано тем, что рыбы постоянно тратят значительное количество энергии на поддержание осмотического баланса с водной средой.

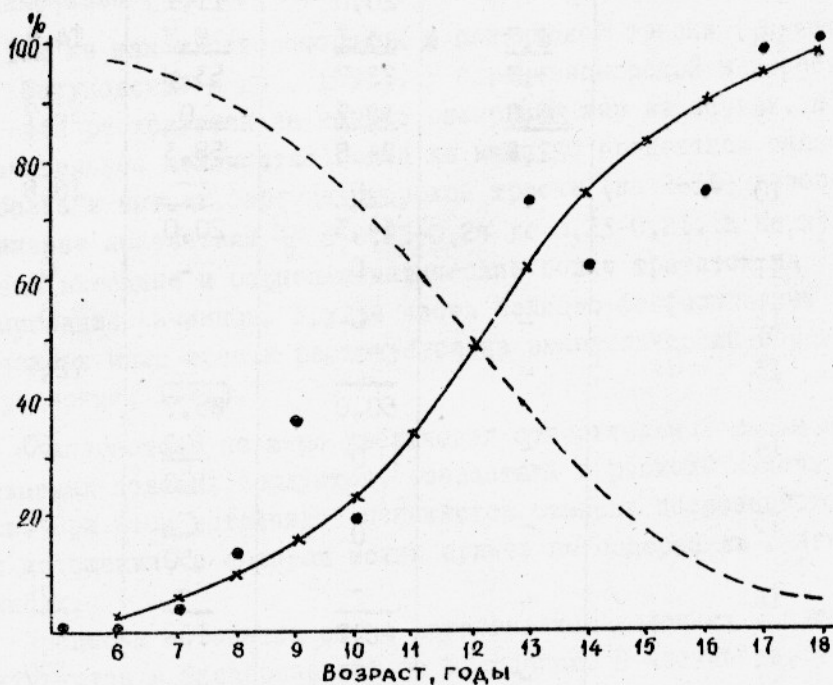
Таблица 2

Изменение доли рыб с повышенной осмотической тканей ($\frac{CO}{B} > 0,2200$) у баренцево-морской трески с возрастом (в %)

Возраст, годы	Стадии зрелости			Средние по возрастам
	II	IУ	UI - II	
3	0	-	-	0
4	0	-	-	0
5	0	0	-	0
6	0	0	0	0
7	0	<u>7,7</u> 20,0	<u>33,5</u> II, I	4,8
8	<u>6,7</u> 3,3	<u>3,1</u> 22,7	<u>8,3</u> 53,8	I4,4
9	<u>20,0</u> 22,2	<u>18,2</u> 24,0	<u>0</u> 58,3	36,7
10	-	<u>0</u> I4,3	<u>-</u> 20,0	I8,8
11	-	0	-	0
12	-	0	-	0
13	-	<u>-</u> 50,0	<u>-</u> 85,7	72,7
14	-	0	<u>100</u> 100	60
15	-	0	<u>-</u> 50	50
16	-	<u>-</u> 66,7	<u>-</u> 100	75
17	-	<u>-</u> 100	<u>-</u> 100	100
18	-	<u>-</u> 100	<u>-</u> 100	100
Средние по стадиям зрелости	<u>2,6</u> 2,2	<u>5,6</u> 23,8	<u>14,8</u> 51,6	I4,3

Примечание. В дробях: числитель-самцы, знаменатель-самки.

Истощенные и ослабленные особи составляют основную часть общей убыли популяции от естественных причин. Эти особи могут быть выявлены по такому простому показателю, как содержание влаги в организме, что позволяет подойти к определению величин естественной смертности рыб. Преимущество такого подхода состоит в том, что по нему можно предвидеть величину естественного отхода, а не констатировать ее постфактум. При этом в зависимости от условий водоема, отражающихся на общем состоянии рыб, будет изменяться и доля ослабленных экземпляров в популяции, т.е. величина ожидаемой смертности всякий раз получается с учетом конкретной обстановки. Кроме того, определение процента рыб с повышенной оводненностью мышц в каждой возрастной группе показывает изменение коэффициента смертности по возрастам, а не только его общую среднюю величину, как это предусмотрено большинством известных методов.



Доля истощенных особей трески (—) и их выживаемость (- - -) в разном возрасте

Ход кривой выживания баренцевоморской трески, найденный по показателю $\frac{CO}{B}$, дан на рисунке пунктиром. К сожалению, нам не удалось обнаружить в литературе данных по выживанию трески разного возраста, полученных каким-либо другим методом. Можно лишь отметить, что общая величина естественной смертности, соответствующая, по нашим данным, 14,3%, близка к данным В.П.Пономаренко (1964). По его расчетам, величина естественной смертности составляет 14% при отсутствии промысла и 8-9% при современном интенсивном рыболовстве. Наш материал не отражает фактического возрастного состава промысловой трески. Из-за малочисленности старших возрастных групп нами использовались почти все наиболее крупные экземпляры, встречающиеся в уловах, поэтому средний процент естественной смертности искусственно завышается.

В то же время на величине ожидаемой смертности внутри возрастных групп это не отражается, и точки на кривой выживания для каждого возраста, видимо, соответствуют действительности.

В ы в о д ы

1. У баренцевоморской трески, как и у североморской и балтийской, оводненность мышц с возрастом увеличивается. Эта тенденция начинает проявляться с 8-9 лет даже у неполовозрелых рыб.

2. Созревание и нерест баренцевоморской трески сопровождается увеличением оводненности мышц в результате резорбции белково-фосфолипидных комплексов, особенно значительной у самок.

3. У баренцевоморской трески в каждой возрастной группе, начиная с семигодовиков, выявляется определенная доля рыб с повышенным содержанием воды в мышцах, свидетельствующим об истощении этих особей. С возрастом доля таких рыб увеличивается, достигая 100% у особей старше 16 лет.

4. Предполагается, что истощенные особи в первую очередь элиминируются из популяции под воздействием абиотических и биотических факторов (низких температур, хищников, болезней).

5. Выявление по показателям овоидности мышц доль истощенных рыб в каждой возрастной группе представляет собой один из физиологических подходов к оценке естественной смертности как в пределах всей популяции, так и в отдельных поколениях.

6. Предлагаемый метод позволяет уточнить и дополнить результаты определения естественной смертности другими методами, что представляет известную ценность при исследованиях в области динамики численности рыб.

Л и т е р а т у р а

- Кривобок М.Н., Тарковская О.И. Изменения элементарного состава вещества у садаки Рижского залива. - Информ. сб. ВНИРО, 1957, № I, с.41-42.
- Кривобок М.Н., Токарева Г.И. Динамика изменений веса тела и отдельных органов балтийской трески при созревании половых желез. - Тр. ВНИРО, т.85, 1972, с.46-55.
- Макарова Н.П. Некоторые данные об изменении жирности трески Баренцева моря. Сб. "Матер. по экол. трески". - М., "Наука", 1968, с.96-132.
- Пономаренко В.П. Естественная, промысловая и общая смертность трески баренцевоморского стада в 1946-1963 гг. Сб. "Матер. рыбохоз. исслед. Сев. басс." Мурманск, 1964, с.3-8.
- Шатуновский М.И. Изменения в качественном составе липидов органов и тканей балтийской трески (*Gadus morhua callarias*) в ходе созревания гонад. "Вопр. ихтиол.", т. II, вып. 5 (70), 1971, с.910-918.
- Шатуновский М.И., Богоявленская М.П., Вельтищева И.Ф., Кривобок М.Н., Масленникова Н.В., Токарева Г.И. Характеристика динамики физиологического состояния балтийской трески в течение жизненного и годовичного циклов. - М., изд. ОНТИ. ВНИРО, 1972, 67 с.
- Love, R.M. Studies on the North Sea cod. Effects of starvation. J.Sci. Food and Agric. v.9, 1958, pp.617-20.
- Love, R.M. The chemical biology of fishes. Acad. Press. London-New York, 1970, pp.84-128.
- Robertson, I., R.M. Love, W.P. Cowie. Studies on the North Sea cod. V. Effects of starvation. 3. Electrophoresis of the muscle myogen. J.Sci. F. Agric. v.18, 1967, pp.563-565.

Sutton, A.N. The relationship between ion and water contents of cod (*Gadus morhua* L.) muscle. *Comp. Biochem. Physiol.*, 24, 1968, pp. 149-61.

Templemen, W., G.L. Andrews. Jellied condition in the American plaice (*Hippoglossoides platessoides*). *J. Fish. Res. Bd. Can.* 13, 1956, pp. 147-82.

On the possibility of using the moisture content index in the assessment of natural mortality of cod from the Barents Sea.

V.M. Borisov, M.I. Shatunovsky

S u m m a r y

The investigations of the content of moisture in the muscles of cod of various ages which were at different stages of maturity show that the ratio "dry residue weight-water weight" is lower in pre-spawning females (stage IV) and spent males and females (Stage VI-II) than in immature fish and in males which are at the second stage of development. There is a trend towards lowering the ratio in fish with age. This is very likely to occur due to the fact that a relative mass of sexual products released and thus expenditure of muscle protein increase with age. At the same time the degree of leanness in spent increases steadily. The evidence is supported by an increased content of moisture in muscles. Lean and feeble specimens constitute the main portion of natural mortality. The estimate of this portion in each age group by means of the index suggested will provide an opportunity of assessing the natural mortality rate by ages.