

УДК 681.3:639.2

**К ОЦЕНКЕ ЕСТЕСТВЕННОЙ СМЕРТНОСТИ АЗОВСКОЙ
ТЮЛЬКИ ПО ПОКАЗАТЕЛЮ «СУХОЙ ОСТАТОК : ВОДА»**

В. М. Борисов

ВНИРО

Знание механизма снижения численности рыбного населения от изменения абиотических условий, хищничества, болезней, старения, т. е. в результате естественной смертности, очень важно для раскрытия закономерностей формирования промысловых стад. Данные о размерах естественного годового отхода, к которым популяция приспособилась эволюционно, используются не только в теоретических разработках по динамике численности, но и в прикладном плане — в качестве критерия при установлении норм вылова и минимальной промысловой меры (Тюрин, 1963, 1972; Бойко, 1964).

Несмотря на то что этому вопросу уделяется много внимания, все же достаточно надежного метода определения естественной смертности нет. Различные допущения в применяемых методиках в лучшем случае дают лишь приближенную картину убыли, а нередко приводят и к серьезным ошибкам. Поэтому любые дополнения и уточнения существующих методов заслуживают внимательного изучения.

Некоторые физиологические характеристики, например, могут служить показателями неудовлетворительного состояния организма. Ослабленные экземпляры элиминируются из популяции в первую очередь. Причины этого различны: такие особи в большей степени подвержены заболеваниям, истреблению хищниками, у них уже диапазон оптимальных условий абиотической среды. Иначе говоря, ослабленные и истощенные особи — наиболее вероятные кандидаты на естественный отход. Регистрация их возможна по таким показателям, как содержание кортизона в плазме крови (Idler & Freeman, 1965), холестерина в печени (Шатуновский, Камышная, 1969), минеральных веществ в мышцах (Love, Robertson & Strachan, 1968), качество половых продуктов (Кривобок, Шатуновский, 1971), жирность и влажность тканей (Вилкинз, 1970; Love, 1970).

Жирность и влажность — наиболее важные и общепринятые в ихтиологии показатели качественного состояния рыб. Доказано, что между содержанием жира и воды в организме существует тесная взаимосвязь. Данные, подтверждающие эту зависимость, есть для азовской хамсы, черноморской сельди и ставриды (Шульман, 1961), для атлантической (Миндер, Константинова, 1962) и североморской сельди (Hes & Wood, 1965).

У азовской тюльки между этими показателями также установлена четкая обратная связь с коэффициентом корреляции — 0,97 (Борисов, Прокопенко, 1972).

Очевидно, влажность и жирность связаны не только между собой, но и — через общий вес рыбы — с содержанием белка, количество которого также изменяется, хотя и в меньшей степени. Поскольку все три величины (влага, жир, белок) — переменные, то за счет любой из них может измениться общий вес рыбы, а значит и процентное содержание каждого компонента. Иначе говоря, каждый из рассматриваемых показателей представляет собой результирующую трех взаимовлияний. Исходя из этого, величина влажности — не частный, а интегрирующий показатель, который характеризует общее состояние рыбы. Увеличение этого показателя связано либо с повышенной оводненностью тканей, либо с уменьшенным содержанием жира и белка, и в том и в другом случае свидетельствуя об истощении рыбы. Низкая влажность, наоборот, служит признаком благополучного состояния особи или группы исследуемых особей.

Высокое содержание влаги у азовской тюльки действительно приходится на рыб мелких размеров, еще не успевших нагуляться, или же на самых крупных, наиболее истощенных нерестом, у которых, по-видимому, начинают проявляться старческие нарушения, когда траты энергетических веществ не покрываются процессами ассимиляции (рис. 1).

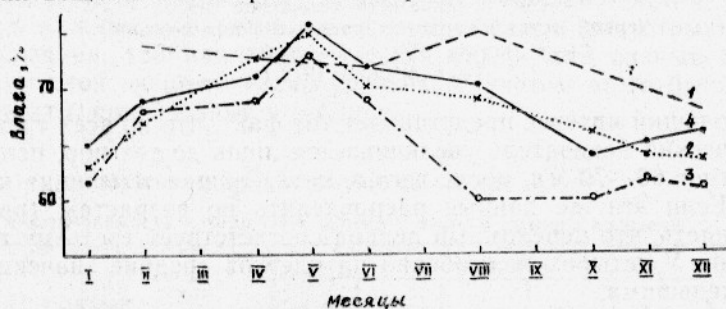


Рис. 1. Сезонные колебания влажности у азовской тюльки разных размеров:
1 — 40–50 мм, 2 — 50–60 мм, 3 — 60–70 мм, 4 — 70–80 мм

Однако для сравнения энергетического состояния рыб разного размера или возраста удобнее пользоваться не процентным содержанием влаги, а отношением $\frac{CO}{B}$, показывающим, какое количество сухого остатка (CO) приходится на единицу веса воды (B). Это отношение — назовем его «энергетический показатель» — более чутко реагирует на изменения в балансе между водой и запасными питательными веществами, что видно из следующего примера. Пусть первоначальный вес тюльки — 10 г, в котором вода составляла 7 г (70%), по каким-то причинам снизился до 9 г. Поскольку часть растроченных органических веществ замещается водой (Вилкинз, 1970), то новый вес рыбы может состоять из 7,2 г воды (80%) и 1,8 г (20%) сухого остатка. Разница во влажности равна 10%. Сравнение же показателей $\frac{CO}{B}$ говорит о том, что в энергетическом отношении рыба стала хуже в $\left(\frac{3}{7} : \frac{1,8}{7,2}\right) = 1,72$ раза.

Кривые по средним значениям энергетических показателей для разных размерных групп тюльки представлены на рис. 2. Очевидно, что эти кривые могут располагаться выше или ниже в зависимости от сезона и кормовых условий данного года. Как видим, для августа 1971 г. энерге-

гические показатели большинства размерных групп оказываются выше соответствующих величин для августа 1972 г., так как во втором случае условия нагула были менее благоприятными. Наиболее низкими эти величины оказались в декабре 1972 г. В этом году к началу зимовки тюлька уже растратила значительную часть своих энергетических ресурсов.

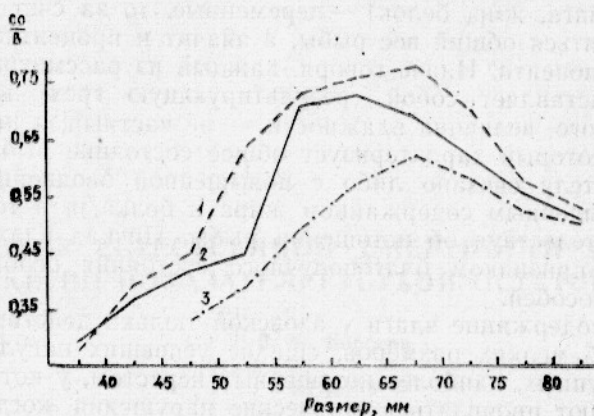


Рис. 2. Динамика отношения CO/B (сухой остаток : вода) в процессе роста тюльки:
1 — в августе 1971 г., 2 — в августе 1972 г.,
3 — в декабре 1972 г.

Наибольший интерес представляет тот факт, что во всех трех случаях энергетический показатель увеличивается лишь до тех пор, пока тюлька не достигнет 60—70 мм, после чего заметна общая тенденция к его снижению. Если эти же данные распределить по возрастам (рис. 3), то можно видеть, что переломный период соответствует третьему году жизни тюльки. У четырех- и особенно пятилетков средние значения оказываются меньшими.

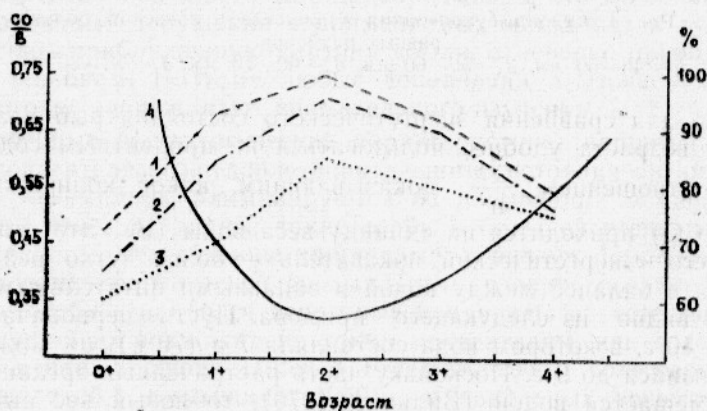


Рис. 3. Средние значения показателя $\frac{CO}{B}$ у тюльки разного возраста:
1 — в августе 1971 г., 2 — в августе 1972 г., 3 — в декабре 1972 г., 4 — кривая темпа естественной смертности енисейского тугуна по П. В. Тюрину (1972).

На этом же рисунке приведена кривая темпа естественной смертности енисейского тугуна, взятая из работы П. В. Тюрина (1972). Жизненный цикл этой рыбы, как и азовской тюльки, равен 5—6 годам, т. е. можно ожидать аналогии и в темпах естественной смертно-

сти. Приведенная кривая почти зеркально отражает наши. Высокий энергетический показатель, соответствующий благополучному физиологическому состоянию рыбы, приходится на возраст наименьшего естественного отхода, и, наоборот, возрастные группы с низкими энергетическими показателями соответствуют высоким процентам убыли. Это подтверждает обоснованность физиологического подхода к определению естественной смертности.

Следует заметить, что средние значения энергетического показателя уменьшаются не за счет большего или меньшего снижения его у всех рыб данного возраста, а из-за увеличения числа ослабленных экземпляров в последующих возрастах. У некоторых четырех- и даже пятилетних рыб отношение сухого остатка к воде $\left(\frac{CO}{B}\right)$ по-прежнему остается довольно высоким.

Поскольку мы полагаем, что энергетический показатель снижается в результате общего истощения рыбы, то в каждой возрастной группе можно выявить долю таких истощенных рыб, т. е. долю тех рыб, которые в первую очередь будут элиминироваться из популяции. Однако возникает вопрос, что считать нормой энергетического уровня и каков ее нижний допустимый предел. За эту величину, очевидно, может быть принята минимальная доверительная граница среднего показателя по самой благополучной возрастной группе, т. е. у тюльки — «2+». Естественно, что в каждом конкретном случае будет своя допустимая оптимальная величина, так как и для разных лет, и для разных сезонов нормой будет свой энергетический уровень. С учетом этого были получены результаты, приведенные в таблице.

Изменение энергетического показателя $\left(\frac{CO}{B}\right)$
и встречаемость истощенных особей у тюльки разного возраста

Показатели	Возраст					Условно оптимальное CO/B
	0+	1+	2+	3+	4+	
Август 1971 г.						
M	0,476	0,674	0,748	0,671	0,539	0,71
CV	12,9	13,8	17,3	19,6	13,2	
n	30	41	40	29	12	
Истощенных, %	—	—	45,0	82,7	91,7	
Август 1972 г.						
M	0,398	0,601	0,709	0,654	0,515	0,68
CV	13,6	22,7	15,1	18,5	20,4	
n	31	24	51	59	24	
Истощенных, %	—	—	41,2	67,7	95,8	
Декабрь 1972 г.						
M	0,354	0,457	0,609	0,549	0,502	0,56
CV	13,6	15,4	18,0	15,7	11,3	
n	44	55	42	48	12	
Истощенных, %	—	—	38,0	75,0	83,3	
Естественная смертность по учету численности			64,2	80,2	92,0	

Среди трехлетков ослабленных рыб насчитывается от 38 до 45%, среди четырехлетков — от 68 до 83%, а в возрастной группе пятилетних рыб их доля приближается к 100%. Эти цифры близки к средним коэффициентам естественной смертности соответствующих возрастов, которые были получены нами при обработке многолетних данных АЗНИИРХ по численности, возрастному составу и промыслу азовской тюльки.

В младших возрастных группах энергетические показатели всех рыб ниже условно принятых оптимальных. Абсурдно допустить на этом основании их 100%-ную гибель. Скорее всего для молоди существует свой оптимум энергетического уровня, несколько меньший, чем для взрослых рыб. Поэтому найденные оптимальные величины не могут быть использованы для выявления доли ослабленных экземпляров в младших возрастах. Можно лишь отметить, что низкие значения энергетического показателя у рыб младших возрастных групп хорошо согласуются с известным общим фактом высокого процента отхода молоди. Об этом говорит весь опыт экологической науки и практика разведения домашних животных. Ф. В. Крогиус писала (1969), что отход сеголетков нерки в оз. Дальнем составляет более 90%, годовиков — около 80%, а двухгодовиков — около 30% за год.

Установление критерия оптимального энергетического уровня для молоди — цель дальнейших исследований. Это важно в первую очередь для рыб с коротким жизненным циклом, которые уже с первого года жизни вступают в промысел. В данном случае одинаково необходимо знать масштабы естественной смертности как среди взрослых особей, так и среди молоди. В отношении же рыб с длительным жизненным циклом рассмотренный метод выявления истощенных экземпляров позволяет подойти к оценке естественной смертности наиболее важной, промысловой части популяции.

Основная причина увеличения доли рыб с пониженным энергетическим показателем в старших возрастах заключается в постепенном повышении степени посленерестового истощения. Как было показано последними работами по физиологии балтийской трески (Кривобок, Токарева, 1972; Шатуновский и др., 1972), у особей старших возрастных групп с каждым последующим нерестом по мере увеличения относительной массы выметываемых половых продуктов повышается расход энергетических ресурсов. Прогрессирующее с возрастом истощение приводит к накоплению воды в организме.

Однако повышение оводненности тканей у рыб известно не только в связи с посленерестовым истощением и старческими нарушениями, но и при длительном голодании (Sutton, 1968), болезнях (Макарова, 1968) и даже при транспортировке (Суханова, Василевская, 1962). У рыб как организмов, вынужденных постоянно поддерживать осмотический баланс с водной средой, по-видимому, любое сколько-нибудь существенное отклонение от нормы приводит к повышению оводненности. В таком случае при помощи простого отношения веса сухих веществ к весу воды можно выявить не только старых, истощенных многократным нерестом особей, но и ослабленных по другим причинам, что дает возможность подойти к определению суммарных величин естественной смертности.

Конечно, физиологический метод отнюдь не заменяет более разработанных математических методов, а лишь дополняет их. В частности, с его помощью можно заранее предвидеть ориентировочную величину естественной убыли промыслового стада и проследить за изменением темпа этой убыли по возрастам. Но когда неизвестна возрастная динамика численности популяции, он остается единственным доступным путем косвенного определения естественной смертности.

ВЫВОДЫ

1. Для характеристики качественного состояния рыб обычно употребляют показатели относительного содержания влаги, жира и белка (в процентах от общего, сырого веса рыбы). Взаимосвязь между этими величинами позволяет рассматривать каждую из них как результирующую трех взаимовлияний. В таком случае наиболее легко определяемое процентное содержание влаги есть не частный, а интегрирующий показатель, который характеризует общее состояние рыбы.

2. У азовской тюльки высокое процентное содержание влаги отмечается для рыб мелких размеров, еще не успевших нагуляться, и для самых крупных, наиболее истощенных нерестом, у которых, по-видимому, начинают проявляться старческие нарушения.

3. Для сравнения энергетического уровня разновозрастных рыб удобнее пользоваться отношением CO/V , показывающим, какое количество сухого остатка (CO) приходится на единицу веса воды (V). Это отношение более «чутко» реагирует на изменения в балансе между водой и запасными питательными веществами.

4. Увеличение энергетического показателя ($\frac{CO}{V}$) продолжается у тюльки до трехлетнего возраста, после чего заметна общая тенденция к его снижению за счет увеличения числа ослабленных экземпляров в последующих возрастах.

5. Ослабленные особи в первую очередь элиминируются из популяции и составляют основную часть убыли от всех естественных причин. С помощью энергетического показателя было выявлено, что у азовской тюльки ослабленные и истощенные особи среди трехлетков составляют от 38 до 45%, четырехлетков — 68—83%, а в возрастной группе пятилетних рыб их доля приближается к 100%. Эти цифры близки к средним коэффициентам естественной смертности для соответствующих возрастов, которые были получены при обработке данных по численности, возрастному составу и промыслу азовской тюльки.

6. Физиологический метод позволяет косвенно оценивать темп естественной смертности даже в тех случаях, когда неизвестна возрастная динамика численности популяции. С его помощью можно заранее предвидеть ориентировочную величину естественной убыли и проследить за ее изменением по возрастам, что существенно дополняет известные математические методы.

ЛИТЕРАТУРА

- Бойко Е. Г. К оценке естественной смертности азовского судака.— Труды ВНИРО, т. 50, 1964, с. 143—161.
- Борисов В. М., Прокопенко Е. И. Использование показателя влаги для оценки общего состояния рыб.— «Рыбн. хоз-во», 1972, № 7, с. 29—30.
- Вилкинз Н. П. Голодание сельди, выживаемость и некоторые общие биохимические изменения. Перев. заруб. лит-ры по отдельным проблемам прудового рыбоводства, выполненные во ВНИПРХ в 1970 г., вып. 3, 1970, с. 268—293.
- Макарова Н. П. Некоторые данные об изменениях жирности трески Баренцева моря. Материалы по экологии трески Северной Атлантики. М., «Наука», 1968, с. 96—132.
- Миндер Л. П., Константинова Л. Л. Определение содержания жира в сельди в промысловых условиях.— Тр. ВНИРО, 1962, вып. 13, с. 63—76.
- Камышная М. С., Шатуновский М. И. Некоторые особенности состава липидов горбуши из рек естественного ареала и района акклиматизации. Вестник МГУ, серия 6, № 2, 1969, с. 33—37.
- Кривобок М. Н., Токарева Г. И. Динамика изменений веса тела и отдельных органов балтийской трески при созревании половых желез.— Труды ВНИРО, т. 85, вып. 3, 1972, с. 46—55.

- Кривобок М. Н., Шатуновский М. И. О некоторых новых проблемах физиологии морских и проходных рыб.— Труды ВНИРО, т. 79, 1971, с. 63—71.
- Крогиус Ф. В. Продукция молоди красной *Oncorhynchus nerka* (Walb) в озере Дальнем.— «Вопр. ихтиолог.», т. 9, вып. 6 (59), 1969, с. 1059—1076.
- Суханова Е. Ю., Василевская А. И. Изменение веса живой рыбы при перевозках и хранении. «Качество и хранение некоторых продовольственных товаров», Госторгиздат, НИИТОП, 1962, с. 41—51.
- Тюрин П. В. Биологические обоснования регулирования рыболовства на внутренних водоемах. М., «Пищепромиздат», 1963, с. 87—115.
- Тюрин П. В. «Нормальные» кривые переживания и темпов естественной смертности рыб как теоретическая основа регулирования рыболовства.— Известия ГосНИОРХ, т. 71, 1972, с. 71—128.
- Шатуновский М. И., Богоявленская М. П., Вельтищева И. Ф., Кривобок М. Н., Токарева Г. И. Характеристика физиологического состояния балтийской трески. «Динамика физиолого-биохимического состояния промысловых рыб Северо-Восточной Атлантики в течение жизненного и годовичного циклов». ВНИРО, ОНТИ, 1972, с. 5—16.
- Шульман Г. Е. Соотношение между содержанием жира и воды в теле рыб и методика вычисления жирности рыб в полевых условиях.— Труды АзчерНИРО, вып. 19, 1961, с. 36—44.
- Idler, D. R. and H. C. Freeman. A demonstration of an impaired hormone metabolism in moribund Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). *Can. J. Biochem. Physiol.* 43, pp. 620—3, 1965.
- Hes, T. D., R. I. Wood. The fat/water relationship in North Sea herring (*Clupea harengus*) and its possible significance. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.* 45, pp. 353—66, 1965.
- Love, R. M. The chemical biology of fishes. Academic Press London and New-York. p. 84—128, 1970.
- Love, R. M. I. Robertson and I. Strachan. Studies on the North Sea cod. *J. Sci. Fd. Agric.* 19, pp. 415—22, 1968.
- Sutton, A. H. The relationship between ion and water contents of cod (*Gadus morhua* L.) muscle. *Comp. Biochem. Physiol.* 24, pp. 149—61, 1968.

TO THE ASSESSMENT OF NATURAL MORTALITY OF THE AZOV
TIULKA WITH REFERENCE TO THE DRY RESIDUE-WATER
INDEX

V. M. Borisov

SUMMARY

The dry residue-water ratio in the carcasses estimated by examining the sample of 554 specimens of the Azov tiulka is used for evaluating the physiological condition of the population. Some decrease in the index in older age groups (from the age 2+) is reflected in the increase in the number of weak and feeble specimens in the population and may be used in the assessment of natural mortality.

SUR L'ESTIMATION DE LA MORTALITE NATURELLE DE KILKA
D'AZOV SE SERVANT DE LA VALEUR DE «RÉSIDU SEC-EAU».

V. M. Borissou

RÉSUMÉ

Le rapport de résidu-sec à la teneur en eau dans le poisson étêté et éviscéré calculé sur 554 individus utilisé pour estimer l'état physiologique de la population. L'abaissement de cette valeur chez les groupes d'âge de kilka d'Azov (à partir de l'âge de 2+) montre l'augmentation de la proportion d'individus épuisés et affaiblis dans la population et peut servir pour l'estimation de la mortalité naturelle.