

УДК 639.2.053 (262.8)

ВЛИЯНИЕ РЫБОЛОВСТВА НА ЗАПАСЫ ОСНОВНЫХ РЫБ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

В. Н. Лукашов

Во второй половине прошлого десятилетия уловы основных видов рыб Северного Каспия (воблы, леща, судака) значительно уменьшились по сравнению с предыдущими годами. Причинами падения уловов, очевидно, являются ухудшение условий обитания этих видов рыб и совершенствование способов добычи рыбы. Необходимо более подробно остановиться на каждой из них.

Множество факторов, влияющих на величину запаса рыб, принято представлять четырьмя основными процессами — пополнением, ростом, естественной смертностью и выловом. Один и тот же фактор, например, плотность популяции¹, может оказывать влияние на все четыре процесса, поэтому взаимодействие между последними можно представить так, как показано на рис. 1.

О таких системах можно сказать, что знание свойств переплетающегося множества связей еще не дает полного представления о системе (Эшби, 1959). Между тем предпринимавшиеся ранее попытки объяснить падение уловов ценных промысловых рыб Северного Каспия (Бердичевский, 1958; Танасийчук, 1958) были основаны лишь на исследовании отдельных связей, например,

$$R \rightleftharpoons Y$$

или

$$R \rightarrow W \rightarrow Y$$

Как видно, в них учтены не все основные процессы.

Более подходит для решения поставленной выше задачи метод Ф. И. Баранова (1918), предусматривающий математическое моделирование связи между всеми основными процессами, оценку входящих в модель параметров и изучение свойств этой модели. При этом предполагается, что в изучаемом аспекте свойства модели и стада одинаковы, а связь между основными процессами имеет вид:

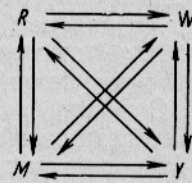


Рис. 1. Взаимодействие между:

R — (пополнение),
 M — (естественная смертность), Y — вылов, W — рост.

¹ Это ихтиомасса популяции на единице площади ее ареала.

$$R \rightarrow Y \leftarrow M$$

$$\uparrow$$

$$W$$

В данном случае учтены все основные процессы, но не все связи между ними (см. рис. 1). Тем не менее Бевертон и Холт (Beverton d Holt, 1957) обнаружили, что на довольно широком диапазоне интенсивности эксплуатации запаса пренебрежение недостающими связями несущественно отражается на величине продукции, получаемой от запасов рыб Северного моря. В поставленной нами задаче они вообще не имеют никакого значения, поскольку ее решение основано на результатах уже происшедших событий. Таким образом, для оценки влияния промысла на запасы воблы, леща и судака Северного Каспия целесообразно использовать метод Ф. И. Баранова.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ИНТЕНСИВНОСТИ ОСНОВНЫХ ПРОЦЕССОВ

В истории развития северокаспийского рыболовства выделим такие периоды, в которых стадо рыб находится в стабильном состоянии¹. Главное свойство последнего состоит в равенстве между кривыми населения и смертности поколения. Тогда периоды стабильности можно обнаружить по степени постоянства численности, навески и возрастного состава годовичного улова. Такие данные получают методом выборок, поэтому даже при наличии действительно строгой стабильности ее обнаружить довольно трудно, так как методу выборок свойствен элемент случайности. Поэтому за критерий стабильности естественно принять как постоянство этих величин, так и отсутствие тенденций их изменения. Из-за случайных отклонений характеристики стабильности, полученные по данным одного года, входящего в период стабильности, менее надежны, чем за ряд лет, составляющих этот период. Следовательно, желательно, чтобы для анализа был выбран достаточно продолжительный и изученный в необходимом объеме промежуток времени.

С целью сравнения для одного вида рыб выделим два периода стабильности и найдем в каждом из них интенсивности основных процессов.

Процесс роста представим двумя связями: «возраст—длина» и «длина — вес (масса)». В общем случае эти связи определяют для каждого периода стабильности.

При построении кривой «возраст—длина» важно учесть те искажения, которые вносит рыболовство в размерный состав поколения. Подобранная по пробам из уловов кривая менее выгнута относительно оси возрастов, чем истинная кривая, так как промысел систематически отбирает из поколения более крупных особей. Например, у поколения воблы одни особи уже на втором году жизни становятся промысловыми, а другие — только на шестом. Поэтому средняя длина двухлетков и трехлетков в улове больше, чем у поколения в целом.

При выборе кривой «возраст—длина» учитывали также другие обстоятельства, связанные с математическим моделированием. Например, очень важно, чтобы входящие в уравнение роста параметры имели физиологический смысл. Тогда их можно связать с кормовой базой изучаемого объекта и исследовать ее влияние на темп роста последнего. Из всех известных нам уравнений такому требованию удовлетворяет урав-

¹ Строго говоря, в природе нет такого состояния, но понятие о стабильном состоянии стада рыб значительно упрощает решение задач, связанных с оценкой интенсивности основных процессов.

нение Берталанфи (Bertalanffy, 1951), хотя, как заметил Тейлор (Taylor, 1962), оно не охватывает всего многообразия особенностей роста рыб¹.

Тейлор в результате анализа уравнений роста и фактических данных по росту некоторых видов рыб (голец, атлантический осетр, сардина) нашел, что связь «возраст—длина» лучше всего представлять уравнением

$$\frac{dl}{dt} = El^{(a-b+1)} - Kl, \quad (1)$$

где l — длина;
 t — возраст;
 E, K, a, b — параметры уравнения.

Приняв $a-b=1$, получим уравнение Берталанфи:

$$l = L(1 - e^{-K(t-t_0)}), \quad (2)$$

где e, K, t_0 — параметры.

Таким образом уравнение Берталанфи является частным случаем уравнения Тейлора. Вместе с тем замечаем, что характер связи «возраст—длина» в уравнении Тейлора зависит от разности величин a и b , каждую из которых определяют из равенств

$$S = p l^a, \quad (3)$$

$$W = q l^b, \quad (4)$$

где S — площадь резорбирующей поверхности организма;

W — его вес (масса);

p и q — параметры.

Отсюда следует, что выбор связи «возраст—длина» должен основываться на исследовании зависимостей между линейными размерами, резорбирующей поверхностью и весом (массой) организма.

У воблы, леща и судака Северного Каспия исследована лишь зависимость, выраженная уравнением (4). Найдено, что $b=3$. Хотя данные о зависимости (3) для этих видов рыб отсутствуют, в первом приближении естественно предположить, что $a=2$, поскольку такое значение a справедливо для многих видов рыб (Бевертон и Холт, 1957). Таким образом, приходим к выводу, что для воблы, леща и судака Северного Каспия лучше воспользоваться равенствами (2) и (4), в которых $b=3$.

Н. Л. Чугуновым (1928), В. С. Танасийчук (1957), Г. В. Никольским (1961) установлено, что пополнение подвержено резким колебаниям, специфичным для каждого вида (Монастырский, 1952). Последнее объясняется разными возможностями регуляторных приспособлений видов (Никольский, 1958).

Показано также, что под влиянием вылова выделенные Монастырским типы колебаний пополнения могут переходить из одного в другой (Лапин, 1961). Придавая большую важность этим выводам, нельзя не заметить, что в большинстве случаев суждения о динамике пополнения основаны не на прямых измерениях его численности (хотя бы в относительных величинах), а на исследованиях ската выключившихся мальков, на расчислении промысловых уловов по Державину или на моделировании. Дело, по-видимому, в том что для многих основных рыб еще не найдены удовлетворительные способы прямого измерения численности пополнения. Хотя при надлежащей организации работ такие изме-

¹ По сообщению Тейлора такое уравнение значительно раньше Берталанфи получил Пюттер (Pütter).

рения у воблы, леща и судака Северного Каспия возможны (Лукашов, 1963), для выделенных нами периодов они отсутствуют. Поэтому численность пополнения принимаем пропорциональной численности годового улова, оправдывая тем, что в периодах стабильности эти величины пропорциональны.

Ниже будет показано, что численность годового улова необходима также при определении вылова и естественной смертности. Между тем учет числа выловленных рыб промысловой статистикой не предусмотрен. Возможный выход в данном случае может быть такой. Используя связи (2) и (4) и вычислив по данным о возрастном составе стада средний возраст в каждом периоде стабильности, определим навеску, которая, если стадо находится в стабильном состоянии, представляет также средний вес (массу) рыбы в улове. Сравнение расчетной навески с результатами прямых измерений (по размерному ряду) может служить критерием достоверности используемого при этом фактического материала. Разделив вес (массу) годового улова на полученную таким образом навеску, найдем численность годового улова.

Прежде чем перейти к способам определения интенсивности остальных двух процессов, определяющих убыль запаса, важно отметить следующее. Из истории развития рыбохозяйственной науки в нашей стране известно, что многим крупным исследователям (Бэр, 1854; Баранов, 1918; Державин, 1922; Книпович, 1939; Чугунов, 1928, и др.) свойствен аналитический подход к изучению динамики эксплуатируемого запаса рыб, предусматривающий, однако, контроль всех четырех основных процессов и измерение каждого из них. Особенно наглядно это показал Ф. И. Баранов (1918), впервые применивший метод математического моделирования для изучения динамики запаса рыб. Однако во многих водоемах страны, имеющих большое рыбохозяйственное значение, основное внимание и раньше и теперь уделяется исследованию процессов, увеличивающих биомассу стада рыб, что произошло, по-видимому, потому, что некоторые исследователи решающую роль в динамике стада рыб отводили росту и размножению (Монастырский, 1952). Но почти полувековой опыт рыболовства в этих водоемах, характерной чертой которого была его интенсификация, и исследования этого опыта (Лапин, 1961; Моисеев, 1946; Никольский, 1961) показали, что процессам убыли необходимо уделять не меньше внимания, чем росту и размножению. Только недооценкой роли убыли в динамике запаса рыб можно объяснить отсутствие работ, посвященных измерению вылова и естественной смертности.

Вообще говоря, эти процессы труднее, чем два других, поддаются контролю. По мере развития рыболовства все сильнее сказывается отсутствие фактических данных об убыли. В этих условиях неизбежны различные гипотезы о вылове и естественной смертности. А. И. Трещев (1961), П. В. Тюрин (1962) считают, например, что естественная смертность обладает «такими же чертами относительной стабильности, какие свойственны и всем другим видовым морфобиологическим признакам». Так, Трещев предлагает оценивать естественную смертность по плодовитости, а Тюрин вычисляет абсолютное значение естественной смертности по методике Баранова (1925).

Можно предложить и другие способы, в которых делается упор, скажем, на возраст первого икротетания и темп роста (Лукашов, 1964), однако задача непосредственного измерения естественной смертности и вылова не станет после этого менее актуальной.

Под влиянием общего развития экономики нашей страны сейчас мощность средств добычи возросла в такой степени, что необходимость

исследования процессов убыли диктуется самой жизнью и теперь контролировать величину вылова и естественной смертности легче (Лукашов, 1963а).

В таких условиях интенсивность процессов убыли невозможно определить без некоторых допущений. В последующих расчетах предположим, что у поколения общая убыль и составляющие ее вылов и естественная смертность экспоненциальны.

Общую убыль определяем известным способом (Баранов, 1960) по данным о возрастном составе промысловой части стада для каждого периода стабильности.

Составляющие общей убыли находим следующим образом. В периоды стабильности численность годовичного улова, как известно, определяют равенством

$$y = \int_0^{t_\lambda} F_t N_t dt, \quad (5)$$

где F_t — коэффициент промысловой смертности поколения в возрасте t ;

N_t — численность поколений в возрасте t ;

t_λ — предельный возраст.

При $F_t = F = \text{const}$, $M_t = M = \text{const}$ и $t_\lambda = \infty$ находим, что

$$Y = R \frac{F}{Z}, \quad (6)$$

где R — численность поколения;

Z — коэффициент общей смертности, равный

$$Z = F + M. \quad (7)$$

На основании равенства (6) находим, что коэффициенты естественной смертности двух сравниваемых периодов стабильности связаны следующим уравнением:

$$M_{I} = \frac{Y_{I}}{Y_{II}} \cdot \frac{Z_{I}}{Z_{II}} \cdot \frac{R_{II}}{R_{I}} M + Z_{I} \left(1 - \frac{Y_{I}}{Y_{II}} \cdot \frac{R_{II}}{R_{I}} \right). \quad (8)$$

С помощью фактических данных об уловах, о пополнении и об общей смертности в периодах стабильности I и II из равенства (8) находим наиболее вероятные значения коэффициентов естественной смертности.

Из равенства (7) нетрудно найти коэффициенты промысловой смертности, если известны Z и M .

Таким образом для каждого периода стабильности становятся известными интенсивности основных процессов и, следовательно, роль каждого из них в изменении продукции, получаемой от запаса.

В соответствии с поставленной нами задачей ниже дан анализ многолетнего материала, собранного КаспНИРО¹.

ПЕРИОДЫ СТАБИЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ

По уловам, интенсивности лова и возрастному составу стада выделены следующие периоды стабильности (табл. 1).

¹ Автор особенно благодарен И. Н. Воеводину, Е. Н. Казанчеву, А. Г. Кузьмину, С. З. Лопатину и А. И. Сергеевой за помощь в сборе необходимого материала.

Периоды стабильности	Вобля		Лещ		Судак	
	годы	продолжительность в годах	годы	продолжительность в годах	годы	продолжительность в годах
I	1922—1928	7	1937—1948	12	1939—1948	10
II	1948—1958	11	1953—1958	6	1955—1958	4

В истории промысла этих видов рыб можно найти и другие периоды стабильности. Для воблы, например, можно выбрать 1898—1907 гг. Однако выделенным периодам отдается предпочтение, как наиболее изученным и в то же время различным по особенностям лова и условиям обитания.

СВЯЗЬ МЕЖДУ МАССОЙ И ДЛИНОЙ РЫБЫ

По данным анализа фактического материала особи одного поколения при одинаковой длине имеют разную массу (вес). Кривая распределения частот масс рыб одной и той же длины имеет одну вершину. Из-за отсутствия соответствующего материала нельзя получить более подробных сведений о свойствах этой кривой, поэтому мы ограничимся вычислением лишь средней арифметической — массы для каждого разряда длины, используя многолетние материалы, собранные КаспНИРО по лещу (22 года) и судаку (14 лет). (По вобле таких данных нет).

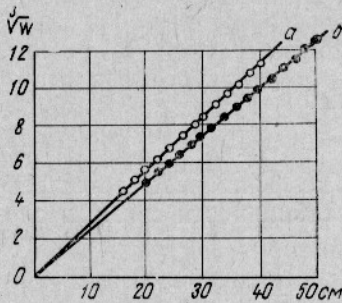


Рис. 2. Связи «вес (масса) — длина»:

a — лещ ($q = 0,0215$), *б* — судак ($q = 0,0149$).

На рис. 2 приведены результаты вычислений. Фактические данные хорошо выражены прямой линией. При подборе параметров прямой по методу наименьших квадратов для леща прямая проходит через начало координат, а для судака — нет. Если предположить, что фактический материал строго отражает действительность, то причины отклонения прямой линии от начала координат следует искать в морфобиологических изменениях судака, когда длина его не достигла 20 см. Учитывая, однако, что обработанному нами материалу такую точность приписывать нельзя, полученное отклонение от начала координат (менее 5 мм) можно отнести к категории случайных. Находим, что по методу средних для леща и судака q равно соответственно 0,0215 и 0,0149. По наблюдениям Лексуткина и Шишова (1958) для воблы $q = 0,0222$.

СВЯЗЬ МЕЖДУ ДЛИНОЙ И ВОЗРАСТОМ РЫБЫ

С точки зрения эксплуатации стада рыб ценно выяснить распределение частот некоторой возрастной группы по длине и вид кривой роста.

Результаты обработки фактического материала приведены на рис. 3, а значения параметров равенства (2) — в табл. 2.

Важно подчеркнуть, что вычисленная с помощью данных табл. 2 и равенства (2) длина соответствует средней арифметической длине рыб

Таблица 2

Вид	<i>l</i> , см	<i>K</i>	<i>t</i> ₀ лет
Вобла	30	0,2500	-1,82
Лещ	42	0,2330	-0,12
Судак	80	0,2350	-1,00

поколения в возрасте *t*. Распределение одновозрастных рыб по длине соответствует нормальному распределению с возрастающим значением стандарта отклонения по мере увеличения возраста (Лукашов, 1961).

Значения параметров, входящих в равенство (2), для сравниваемых периодов стабильности численно равны. Это значит, что темп роста в обоих периодах принят неизменным. К такому выводу мы пришли, сопоставив кривые распределения по длине у той возрастной группы, которая впервые вступает в промысел (у воблы, например, трехгодовики).

Оказалось, что наблюдавшееся снижение средней длины несущественно, так как находится в пределах стандартного отклонения средней арифметической длины, вычисленной по многолетним данным. Уменьшение средней длины рыб старших возрастных групп можно объяснить не только кормностью (Сергеева, 1961), но и интенсификацией рыболовства.

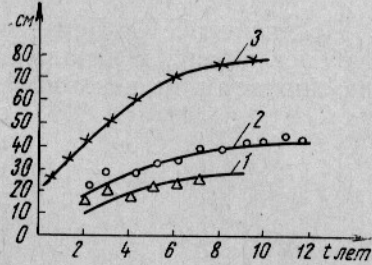


Рис. 3. Связи «длина — возраст»:

1 — вобла, 2 — лещ, 3 — судак.

ОБЩАЯ СМЕРТНОСТЬ В ПЕРИОДАХ СТАБИЛЬНОСТИ

Общую смертность можно вычислить двумя способами, для одного из которых, менее точного (Баранов, 1925), необходимы данные лишь о числе возрастных групп промысловой части запаса, для другого (Баранов, 1960) — данные о возрастном составе.

В табл. 3 приведен средний возрастной состав по периодам стабильности и видам, а также результаты вычисления коэффициентов общей

Таблица 3*

Вид	Период стабильности	Возрастной состав, %					Средний возраст, годы	<i>Z</i>	φ^{**}
		1	2	3	4	5			
Вобла	I	—	47,7	25,8	5,1	0,7	5,2	0,99	0,63
	II	59,4	8,4	0,5	—	—	3,6	1,71	0,82
Лещ	I	45,5	26,2	10,2	5,0	—	4,5	0,81	0,55
	II	43,1	7,6	0,8	0,1	—	3,6	1,61	0,80
Судак	I	55,3	40,0	4,5	0,2	—	2,0	1,01	0,64
	II	84,2	15,5	0,3	—	—	1,5	2,30	0,90

* Возраст группы закодирован (для воблы и леща: 1 — трехгодовики, 2 — четырехгодовики и т. д.; для судака: 1 — двухлеток, 2 — трехлеток и т. д.).

** $\varphi = 1 - e^{-Z}$.

смертности (Z) вторым способом и соответствующие им значения общей убыли (ψ), равной отношению числа убывших за год рыб к первоначальной численности.

Последние две колонки этой таблицы показывают, что во вторых периодах интенсивность убыли больше, чем в первых, и что наиболее интенсивно убывает судак.

ЕСТЕСТВЕННАЯ СМЕРТНОСТЬ, ВЫЛОВ И ПОПОЛНЕНИЕ В ПЕРИОДАХ СТАБИЛЬНОСТИ

По мнению Т. Ф. Дементьевой и др. (1961), естественная смертность наиболее высока в начальном периоде жизни поколения. С возрастом она снижается до некоторого минимума, а затем увеличивается. Таким образом наиболее вероятно, что зависимость между естественной смертностью поколения и его возрастом выражается кривой, вогнутой относительно оси возрастов (рис. 4, 2). Интересна левая часть этой кривой, поскольку определяет наименьший возраст, с которого следует начинать облов поколения. Общее указание о положении этой части кривой можно получить исходя из следующих соображений.

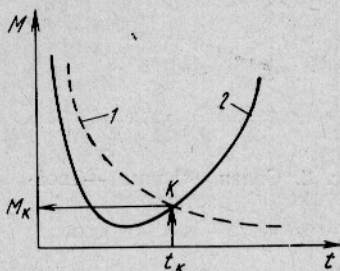


Рис. 4. Зависимость между естественной смертностью поколения и его возрастом:

1 — пограничная кривая, 2 — кривая естественной смертности поколения.

Естественно предположить, что ихтиомасса необлавливаемого поколения вначале увеличивается, а затем с некоторого возраста t_k (назовем его критическим) уменьшается. Отсюда следует, что в докритическом возрасте убыль ихтиомассы поколения

от естественной смертности с избытком компенсируется весовым приростом особей. В символической форме условие увеличения ихтиомассы имеет вид:

$$\frac{P_{t+1}}{P_t} = \frac{N_{t+1}}{N_t} \cdot \frac{W_{t+1}}{W_t} = \frac{W_{t+1}}{W_t} S_t = \frac{W_{t+1}}{W_t} (1 - M_t) > 1, \quad (9)$$

где P_t — ихтиомасса поколения в возрасте t ;

N_t — численность поколения в возрасте t ;

W_t — средний вес (масса) особей, составляющих поколение в возрасте t ;

S_t — выживаемость на $t+1$ -м году жизни.

Откуда находим, что ихтиомасса поколения возрастает, если

$$M_t < 1 - \frac{W_t}{W_{t+1}}. \quad (10)$$

Нетрудно также найти, что ихтиомасса поколения будет неизменной, т. е. $P_t = P_{t+1} = \text{const}$, если

$$M_t = 1 - \frac{W_t}{W_{t+1}}. \quad (11)$$

Для построения кривой (назовем ее пограничной) по равенству (11) необходимы данные лишь о темпе роста. Сравнивая (10) и (11), находим, что левая часть кривой естественной смертности должна находиться левее пограничной кривой. Следовательно, пограничная кривая в докритическом периоде указывает максимально возможную естественную смертность.

Применение этих выводов к данным по рыбам Каспия показывает, что критический возраст довольно хорошо совпадает с возрастом первого икротетания (Лукашов, 1964). В этом возрасте максимальное значение коэффициента естественной смертности у воблы равно 0,46, у леща и судака — 0,35. Важно заметить, что у облавливаемых поколений этот возраст выше, а естественная смертность ниже.

Таким образом, диапазон возможных значений M для воблы

$$0 \leq M \leq 0,46, \quad (12)$$

для судака и леща

$$0 \leq M \leq 0,35. \quad (12')$$

Учитывая далее указания об изменении условий обитания этих рыб в связи с падением уровня Каспия (Винецкая, 1962; Барсукова, 1961), находим, что

$$\frac{M_{II}}{M_I} > 1. \quad (13)$$

О пополнении у этих видов рыб можно судить лишь по данным об урожайности и о численности годовичного улова. По данным многолетнего учета урожайности (Танасийчук, 1957) пополнение воблы, леща и судака в первых периодах должно быть больше, чем во вторых, т. е.

$$0 < r = \frac{R_{II}}{R_I} < 1. \quad (14)$$

Этот вывод подтверждают также приведенные в табл. 4 средние численности годовичных уловов в периодах стабильности. Навески получены вышеизложенным способом.

Таблица 4

Вид	Улов, тыс. ц		Навеска, г		Улов, млн. шт.	
	I	II	I	II	I	II
Вобла	1371	638	220	110	618	532
Лещ	678	383	530	373	128	103
Судак	361	201	960	640	38	31

Наметив таким образом диапазоны возможных значений M_I , M_{II} и r , найдем наиболее вероятные значения этих величин. Подставив в равенство (8) соответствующие данные из табл. 3 и 4 и задавшись различными значениями r и M_{II} , получим пучок прямых (рис. 5), проходящих через точку $A (Z_I, Z_{II})$, для каждой из которых $r = \text{const}$. Прямоугольник $OZ_I AZ_{II}$ представляет область возможных сочетаний M_I и M_{II} , ограниченную лишь коэффициентами общей смертности. Эта область уменьшается до квадрата $Om_I Bm_{II}$, если учесть ограничение (12). По условию (13) сочетания, входящие в треугольник $Om_I B$, невозможны. Следовательно, наиболее вероятное сочетание M_I и M_{II} находится в области треугольника OBm_{II} . В общем случае входящие в него сочетания рав-

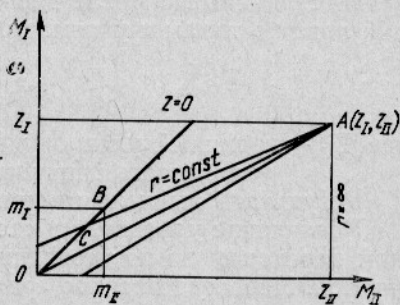


Рис. 5.

новероятны. Тогда при фиксированном r , вероятность некоторого сочетания должна быть пропорциональна заключенному в этом треугольнике отрезку прямой, выходящей из точки A . Нетрудно найти, что сочетание, соответствующее прямой, проходящей через начало координат, наиболее вероятно. Поэтому коэффициенты естественной смертности пропорциональны коэффициентам общей смертности.

Далее замечаем, что отрезок Om_{II} соответствует естественной смертности необлавливаемого поколения, то есть максимальной. У эксплуатируемых поколений она меньше этого максимума. Учитывая это и небольшое значение максимума по сравнению с общей смертностью, прием M_{II}

для воблы	0,14
для леща	0,09
для судака	0,08

что соответствует точке C , абсцисса которой равна половине отрезка Om_{II} .

По равенствам (6) — (8) находим интенсивности остальных процессов в каждом периоде стабильности, результаты которых приведены в табл. 5.

Таблица 5

Вид	Z		M		F		$\frac{F_{II}}{F_I}$	$\frac{R_I}{R_{II}}$
	I	II	I	II	I	II		
Вобла	0,99	1,71	0,14	0,24	0,85	1,47	1,73	1,25
Лещ	0,81	1,61	0,09	0,18	0,72	1,43	1,99	1,40
Судак	1,01	2,30	0,08	0,18	0,93	2,12	2,28	1,30

Из табл. 5 следует, что во вторых периодах коэффициенты промышленной смертности существенно больше, чем в первых. Справедливость этого вывода можно оценить исходя из следующего.

Принятый нами (Лукашов, 1963б) коэффициент промышленной смертности связан с уловистостью орудий лова следующим равенством:

$$F = \sum_1^k r_i v_i, \quad (15)$$

- где i — номер типа орудий лова;
 k — число типов;
 r_i — число орудий лова типа i ;
 v_i — уловистость орудий лова типа i .

Имея данные о числе действовавших в периодах стабильности орудий лова по типам и учитывая, что

$$\frac{v_{i+1}}{v_i} = \frac{Y_{i+1}}{Y_i},$$

где Y_i — годичный улов орудия лова типа i , в штуках можно оценить уловистость типичных для Северного Каспия орудий лова.

Результаты вычисления приведены в табл. 6.

Увеличение уловистости ставных морских сетей объясняется в основном переходом на изготовление их из синтетических волоконистых материалов. Непосредственное сравнение уловов сетей, находившихся в одинаковых условиях, показывает, что капроновые сети вылавливают в три-четыре раза больше, чем хлопчатобумажные (Андреев и Лисицына,

1952). Таким образом, полученные нами цифры не противоречат прямым измерениям.

Повышение уловистости закидных неводов обусловлено не только совершенствованием техники неводного лова (применение лебедек ЛНР,

Таблица 6

Вид	$v_{II} : v_I$	
	морские ставные сети	закидные невода
Вобла	3,2	2,5
Лещ	3,3	2,7
Судак	6,2	2,0

неводонаборочных машин и т. д.), но и, в частности, запретом лова на раскатах, несомненно, способствовавшим увеличению хода рыбы в реку и тем самым повысившим эффективность закидного неводного лова. Кроме того, обмеление некоторых рукавов дельты Волги привело к более компактному и, следовательно, более уязвимому с точки зрения вылова ходу рыбы. Можно показать также, что только одна перестановка тоневых участков в дельте приводит к увеличению уловистости неводов примерно в два раза (Лукашов, 1963б). По данным А. Ф. Лексуткина (1963), в некоторых микрорайонах дельты Волги и сейчас уловистость закидных неводов можно увеличить в два раза только за счет перераспределения тоней.

ВЛИЯНИЕ ОСНОВНЫХ ФАКТОРОВ НА СНИЖЕНИЕ УЛОВОВ РЫБЫ

Уменьшение уловов за счет интенсификации лова найдем следующим образом. Вес (масса) годовичного улова во II периоде равен

$$(Y_{II})_w = Y_{II} \bar{w}_{II} = \frac{F_{II}}{F_{II} + M_{II}} R_{II} \bar{w}_{\infty} (1 - e^{-k(\bar{t}_{II} - t_0)})^3,$$

где \bar{t}_{II} — средний возраст, соответствующий навеске \bar{w}_{II} .

Если во втором периоде промысловая смертность была бы равна F , то вес (масса) годовичного улова стал бы равным

$$(Y_{II})'_w = Y'_{II} \bar{w}'_{II} = \frac{F_I}{F_I + M_{II}} R_{II} \bar{w}_{\infty} (1 - e^{-k(\bar{t}'_{II} - t_0)})^3.$$

Тогда о падении веса (массы) годовичного улова за счет интенсификации лова можно судить по отношению

$$\frac{(Y_{II})'_w}{(Y_{II})_w} = \frac{F_I (F_{II} + M_{II})}{F_{II} (F_I + M_{II})} \left[\frac{1 - e^{-k(\bar{t}'_{II} - t_0)}}{1 - e^{-k(\bar{t}_{II} - t_0)}} \right]^3,$$

результаты вычисления которого приведены в табл. 7.

Умножая вес (массу) годовичного улова во II периоде стабильности (см. табл. 4, третью колонку) на соответствующее значение найденных таким образом отношений, получим вес годовичного улова во II периоде при условии, что при прочих равных условиях промысловая смертность

такая, как в I периоде. Для воблы он равен 900 тыс. ц, леща — 450 тыс. ц, судака — 270 тыс. ц. Сравнивая эти цифры с данными табл. 4, находим, что на долю промысла приходится примерно половина общего падения годовичного улова воблы, леща и судака, точнее — 432 тыс. ц.

Таблица 7

Вид	$(Y_{II})'_w : (Y_{II})_w$
Вобла	1,40
Лещ	1,25
Судак	1,35

Расчеты, аналогичные приведенному, показывают, что на пополнение приходится примерно 30%, а на естественную смертность — 20% от общего снижения веса (массы) годовичного улова этих рыб.

Таким образом, среди основных факторов, обусловивших снижение уловов воблы, леща и судака, первое место принадлежит промыслу, второе — пополнению и третье — естественной смертности.

ПОВЫШЕНИЕ РЕНТАБЕЛЬНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗАПАСОВ ВОБЛЫ, ЛЕЩА И СУДАКА РЕГУЛИРОВАНИЕМ РЫБОЛОВСТВА

Вышеприведенные расчеты указывают на целесообразность попытки регулированием рыболовства повысить рентабельность использования запасов этих видов рыб. Все способы регулирования лова (время, место, способы лова, число орудий, шаг ячеи и т. д.) в конечном итоге сводятся к изменению возраста пополнения и интенсивности вылова поколения в более старшем возрасте. Поэтому очень важно выяснить зависимость величины запаса и продукции от этих характеристик лова. На рис. 6 приведены типичные для воблы, леща и судака кривые изменения ихтиомассы запаса и продукции, получаемой от него (Лукашов, 1961). Точкой *A* отмечен современный режим эксплуатации. Кривые с индексом *a* построены из предположения, что возраст пополнения соответствует II периоду. У кривых с индексом *b* пополнение на один год больше современного.

Как видно, уменьшением *F* нельзя значительно увеличить продукцию. Тем не менее эта кривая указывает на необходимость снижения *F*. Если учесть, что в первом приближении *F* пропорционально числу действующих орудий лова, то с довольно значительным уменьшением *F* продукция не падает и, следовательно, резко повышается рентабельность лова. Существенного роста продукции можно достигнуть увеличением возраста пополнения.

В обоих случаях ихтиомасса запаса должна увеличиться (кривые с индексом P_w). Поскольку в математическую модель, по которой построены эти кривые, не введены условия противодействия росту ихтиомассы запаса, последняя, как видим, возрастает практически неограниченно. В действительности можно рассчитывать на увеличение ихтиомассы воблы, леща и судака примерно в два раза на основании следующих соображений.

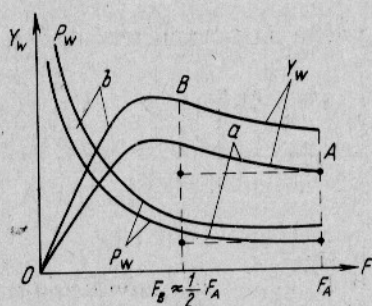


Рис. 6. Кривые изменения ихтиомассы запаса и продукции, получаемой от него.

В таком аспекте Северный Каспий изучен слабо, поэтому за критерий потенциальных возможностей водоема естественно принять ихтиомассу запаса, приходившуюся на единицу площади в те периоды, когда эксплуатация запаса была близка к рациональной. Вышеизложенное показывает, что к ним можно отнести первые периоды. Нами подсчитано, что тогда ихтиомасса промысловой части запаса на единицу площади составляла 27,8 кг/га у воблы, 16,5 кг/га у леща и 7,7 кг/га у судака. Во вторых периодах она стала 12,9 кг/га у воблы, 8,5 кг/га у леща и 3,8 кг/га у судака. Таким образом, ихтиомассу запаса этих видов рыб можно удвоить. Реальность такой перспективы увеличения ихтиомассы подтверждается результатами количественного учета кормовых организмов. По данным КаспНИРО, в 1935—1948 гг. на 1 га площади Северного Каспия приходилось в среднем около 30 кг червей и ракообразных. В 1953—1961 гг. их масса на 1 га увеличилась до 120 кг. Это можно объяснить или, как показывают результаты исследований (Барсукова, 1962, Винецкая, 1962), более интенсивным размножением и ростом этих организмов, или тем, что их менее интенсивно потребляют вобла, лещ и судак. Тогда приведенные данные количественного учета кормовых организмов могут служить, во-первых, подтверждением сокращения ихтиомассы воблы, леща и судака и, во-вторых, некоторой гарантией того, что в современных условиях обитания ихтиомассу этих видов рыб можно по крайней мере удвоить.

Ориентируясь на такое увеличение ихтиомассы, по кривым на рис. 6 находим, что рыболовство должно быть организовано в соответствии с точкой В. При этом годичный улов воблы, леща и судака будет примерно в 1,5 раза больше, чем в точке А, а себестоимость добычи рыбы уменьшится примерно в три раза.

Важно заметить, что со второй половины 1962 г. в рыболовстве Северного Каспия произошли изменения, в общих чертах приближающие его к точке В (за счет ликвидации морского промысла уменьшена интенсивность лова, увеличен размер ячеи в закидных неводах). Анализ результатов этих первых мероприятий по рациональной эксплуатации запасов воблы, леща и судака (Казанчев, 1964) показывает, что они соответствуют основным выводам, вытекающим из кривых на рис. 6.

ЛИТЕРАТУРА

- Андреев В. Г. и Лисицына В. П. Капроновые сетематериалы и их особенности. Труды КаспНИРО. Т. XII, 1952.
- Баранов Ф. И. К вопросу о биологических основаниях рыбного хозяйства. Очерки по биологическим основам рыбного хозяйства. Изд-во АН СССР, 1925.
- Баранов Ф. И. О наиболее рентабельном размере рыб. «Бюллетень рыбного хозяйства», № 11, 1960.
- Баранов Ф. И. Об оптимальной интенсивности рыболовства. Труды КТИ. Вып. 11, 1918 (1961).
- Бердичевский Л. С. Биологические обоснования регулирования северокаспийского рыболовства. М., 1958.
- Бэр К. М. Материалы для истории рыболовства в России. Очерки по биологическим основам рыбного хозяйства. Изд. АН, 1854 (1961).
- Дементьева Т. Ф., Марти Ю. Ю., Монсеев П. А. и Никольский Г. В. О закономерностях динамики популяций рыб. Труды совещания Ихтиологической комиссии АН. Вып. 13, 1961.
- Державин А. Н. Севрюга. Биологический очерк. Известия Бакинской ихтиологической лаборатории, 1, 1922.
- Казанчев Е. Н. О первых итогах перехода на новый режим рыболовства. «Рыбное хозяйство», 1964, № 5.
- Книпович Н. М. Гидрология морей и солоноватых вод. Пищепромиздат, 1939.
- Лапин Ю. Е. Типы нерестовых популяций и некоторые вопросы методики исследования динамики численности промысловых рыб. «Вопросы ихтиологии». Т. 1. Вып. 4, 1961.

Лексуткин А. Ф. Об интенсивности неводного лова в дельте Волги. Сб. статей по технике добычи и технологии обработки рыб Каспийского моря. Пищепромиздат, 1963.

Лукашов В. Н. О наименьшей промысловой мере на рыбу. «Рыбное хозяйство», № 11, 1961.

Лукашов В. Н. Интенсивность северокаспийского рыболовства. Труды КаспНИРО. Т. XVI, 1963а.

Лукашов В. Н. Абсолютная численность промысловой части стада рыб и отбирающая способность (селективность) рыболовства по фактическим данным одного года. «Вопросы ихтиологии», № 4, 1963б.

Лукашов В. Н. Об уловистости орудий рыболовства. «Рыбное хозяйство», № 7, 1964.

Моисеев П. А. Промысловые камбалы Дальнего Востока. Примиздат, 1946.

Монастырский Г. Н. Динамика численности промысловых рыб. Труды ВНИРО. Т. 21, 1952.

Никольский Г. В. О биологических основаниях регулирования рыболовства. «Вопросы ихтиологии», Вып. 11, 1961.

Никольский Г. В. О некоторых закономерностях воздействия рыболовства на структуру популяции и свойства особей облавливаемого стада промысловой рыбы. Труды совещаний Ихтиологической комиссии. Вып. 13, 1958.

Сергеева А. И. Об измельчении северокаспийской воблы. Труды совещаний Ихтиологической комиссии. Вып. 13, 1961.

Танасийчук В. С. Закономерности формирования численности некоторых каспийских рыб. Труды КаспНИРО. Т. XIII, 1957.

Танасийчук Н. П. Беречь и умножать рыбные богатства Волго-Каспия. Астрахань, 1958.

Трещев А. И. К вопросу о развитии теории рыболовства. «Рыбное хозяйство», № 5, 1961.

Тюрин П. В. Фактор естественной смертности рыб и его значение при регулировании рыболовства. «Вопросы ихтиологии», Вып. 24, 1962.

Чугунов Н. Л. Биология молоди промысловых рыб Волго-Каспийского района. Труды Астраханской научной рыбохозяйственной станции. Т. VI, 1928.

Эшби У. Р. Введение в кибернетику. ИЛ, 1959.

Bertalanffy L. General sistem theory; a new approach to Unity of Science, Contributions I, v. VI, Human Biology, N 23, 1951.

Beverton R., Holt S. On the dynamics of exploited Fish populations, London, 1957.

Taylor C. C. Growth equations with metabolic parameters. G. du Conseil, v. XXVII, N 3, 1962.