

## Формальная теория жизни рыб Ф.И. Баранова и её значение в развитии рыбохозяйственной науки

С.В. Шибаев

ФГБОУ ВПО «Калининградский государственный технический университет» (г. Калининград);  
e-mail: shibaev@kltu.ru

Рассматриваются основные положения формальной теории жизни рыб, разработанные Ф.И. Барановым ещё в начале XX в. Показано, что сформулированные им положения кардинально отличались от чисто биологического подхода к пониманию закономерностей динамики стада рыб, но оказались правильными и послужили базой для создания современной теории рыболовства. Главные идеи Ф.И. Баранова: промысел является одним из наиболее мощных факторов, определяющих динамику численности популяции; промысел не приводит к подрыву эксплуатируемой популяции, если обеспечен достаточный уровень пополнения; для поддержания нормального воспроизводства достаточно ограничить интенсивность промысла на уровне минимально допустимой величины нерестового запаса; если не нарушены условия воспроизводства и пополнение стабильно, эксплуатируемая популяция всегда приходит в стабильное состояние, давая постоянную величину улова; никакими мерами регулирования невозможно сохранить запас в девственном состоянии при ведении промысла; когда определены биологически безопасные пределы эксплуатации, оптимальный режим рыболовства определяется экономическими соображениями; промысел является средством управления продуктивностью популяций; влияние промысла на популяцию заключается в закономерном уменьшении величины запаса, средней навески особи в улове и предельного возраста жизни рыбы. Эти изменения никак не связаны с переломом по пополнению, который, наоборот, сопровождается увеличением навески особи в популяции и улове. Приведена современная схема динамики системы «запас—промысел», которая полностью подтверждает идеи Ф.И. Баранова, высказанные более 100 лет тому назад.

**Ключевые слова:** формальная теория жизни рыб, уравнение Баранова, девственная популяция, стабилизация популяций рыб, рыболовство, теории динамики стада, кривая населения, кривая выживания, смертность, пополнение, перелов, оптимальный улов, максимальный уравновешенный улов, максимальный экономический улов.

Фёдор Ильич Баранов является основателем современного направления рыболовства, посвящённого изучению закономерностей динамики эксплуатируемых популяций рыб и поиску путей рационального использования их производительных свойств. Однако очень часто его научное наследие сводится

лишь к известному уравнению динамики численности поколения, получившего имя автора, которое в исходном виде в настоящее время не используется. В связи с этим считается, что теория рыболовства разработана в основном западными учёными, которые использовали уравнение Баранова в качестве первоосновы. На са-

мом деле ситуация совершенно иная: Ф.И. Барановы были заложены все основные элементы теории рыболовства, сформулированы условия сохранения запасов рыб и оптимизации промысла. Подход к изучению состояния рыбных ресурсов был неожиданным и вызвал резкую критику со стороны учёных-ихтиологов. Дискуссии, проводившиеся по этим вопросам, оставили глубокий след в рыбохозяйственной науке. Примечательным является тот факт, что данные теоретические построения были сформулированы в начале XX в., когда многие биологические особенности рыб были ещё неизвестны, а математический аппарат описания биологических закономерностей или моделирование не только не существовали, но даже возможность их применения категорически отвергалась биологами. Вероятно, именно эта особенность привела к тому, что Ф.И. Баранову пришлось излагать свои идеи в достаточно умозрительном, но настолько элегантном виде, что они становятся понятными даже неспециалисту и позволяют сформировать у него совершенно иное мировоззрение. К сожалению, избранные основополагающие труды Ф.И. Баранова были изданы единственный раз — в 1971 г. [Баранов, 1971], стали библиографической редкостью, и поэтому мало кто из современных молодых учёных имел возможность с ними ознакомиться. Имеется лишь несколько современных публикаций, посвящённых данной проблематике [см. напр.: Шибаев, 2014].

Изложению теории Ф.И. Баранова и её связи с современной рыбохозяйственной наукой и посвящена настоящая работа.

Теоретические воззрения Ф.И. Баранова были изложены в трёх основополагающих статьях: «К вопросу о перелове» [1914], «К вопросу о биологических основаниях рыбного хозяйства» [1918] и «К вопросу о динамике рыбного промысла» [1925] [цит. по: Баранов, 1971]. Все остальные его работы по динамике стада рыб были посвящены, по сути, отстаиванию своей теории перед многочисленными оппонентами. Дело в том, что к началу прошлого века стали проявляться факты упадка промысла многих традиционных объектов — камбалы Северного моря, осетровых Каспийского моря, а также ряда других объектов. Ихтиологи назвали это явление «переловом» и стали искать

пути различного рода ограничений рыболовства, для того чтобы сохранить запасы. Выдвигались различные теории, объяснявшие закономерности формирования запасов, — теория «размножения», теория «разряжения», теория «саморегуляции», которые, как правило, базировались на умозрительных соображениях и не подкреплялись данными о фактической динамике численности эксплуатируемых популяций [Засосов, 1976]. В конце концов к середине XX в. было сформулировано несколько постулатов ихтиологии, объясняющих закономерности динамики стада рыб, которые с течением времени прочно укоренились в сознании специалистов-биологов и теперь воспринимаются как нечто само собой разумеющееся. Сформулируем их:

1. Теория размножения. Промысел будет иметь надёжную основу, если дать каждой рыббе хотя бы один раз отнереститься, чтобы обеспечить достаточный приплод (Бэр, 1856; цит. по: [Бэр, 1961]);

2. Теория саморегуляции. Промысел не оказывает влияние на популяцию, если не превышает её способностей к саморегуляции и ведётся в соответствии с биологически обоснованными правилами рыболовства [Никольский, 1974];

3. Концепция перелова. Перелов — это явление, вызванное слишком высокой интенсивностью промысла, которая проявляется в «мельчании» рыбы в улове и падении самой величины улова (Гейнке, 1896; цит. по: [Засосов, 1976]);

4. Теория «неприкосновенного капитала». Естественный запас рыб — это постоянная величина, неприкосновенный капитал, процентами от которого, отнюдь не затрагивая сам капитал, должен довольствоваться промыслом.

В заключение настоящей статьи, изучив теорию Ф.И. Баранова, мы попытаемся провести критический анализ этих постулатов, а теперь перейдём непосредственно к изложению самой теории.

Ф.И. Баранов первый обратил внимание на особенность современной ему рыбохозяйственной науки, отмечая, что «одной из самых избивших тем является истощение рыбных запасов, уменьшение величины ловимой рыбы и уменьшение уловов, но совершенно не затрагивается

главный вопрос: каково должно быть нормальное состояние стада и мыслимо ли при существовании промысла сохранить рыбные запасы в первобытном состоянии». В качестве интересного примера отрицательного влияния промысла на запасы он приводит такой исторический факт:

«В 1376 г. в английский парламент была подана петиция следующего содержания: «В разных местах нашей страны, в морских проливах и бухтах, где до сих пор было обильное и добычливое рыболовство к большой выгоде страны, оно частью расстроено и стало безвыгодным вследствие того, что некоторые рыбаки ввели в употребление семь лет тому назад новое орудие, называемое «wondy choun», сделанное наподобие устричной драги.

Сеть этого орудия имеет столь частую ячейю, что ни одна рыбка, даже самая маленькая, захваченная им, не может уйти и попадается. Кроме того, тяжёлое и длинное железо этого орудия уничтожает икру и пищу рыб в сказанных водах, губит залежи устриц, моллюсков и других животных, за счёт которых живут большие рыбы. С помощью упомянутого орудия рыбаки захватывают столь большие количества мелкой рыбы, что не знают, что с ней делать, к большому вреду общин королевства и к погибели рыболовства.

Резолюция: Пусть будет составлена комиссия из знающих лиц, чтобы рассмотреть и удостоверить истину сего беззакония, и на основании этого пусть суд восстановит порядок».

Как видим, вот когда впервые забили набат по поводу введения нового орудия, прототипа современного трала. С тех пор прошло более 500 лет, и могущество Владычицы морей в немалой степени обязано тому, что не ставились препятствия развитию её морского рыболовства» [Баранов, 1971. С. 10–12].

Ф.И. Баранов попытался показать, что промысел действительно является самым мощным фактором, действующим на запас, при этом совершенно не обязательно он ведёт к «подрыву» эксплуатируемой популяции, а, напротив, может выступать средством управления ею. Свои представления Ф.И. Баранов назвал «Формальной теорией жизни рыб». Он предложил рассмотреть некоторый идеальный случай формирования и динамики численности популяции

в изолированном водоёме. Предполагается, что в этом водоёме не имеют места эпидемии, резкие колебания гидрологических факторов и тому подобные явления, вызывающие случайные изменения в составе рыбного населения.

Рассмотрим судьбу одного поколения рыб, которые в некоторый начальный момент времени  $t_0$  появляются в водоёме и имеют численность  $N_0$ . Через определённый промежуток времени, например год, возраст рыб увеличится на единицу, а численность обязательно снизится под воздействием комплекса естественных факторов (хищников, паразитов, болезней, нехватки пищи) и достигнет значения  $N_1$ .

К следующему году возраст рыб увеличится ещё на единицу, а численность поколения снизится до значения  $N_2$ . Проследив за судьбой поколения на протяжении всей его жизни, мы можем построить кривую выживания (рис. 1).

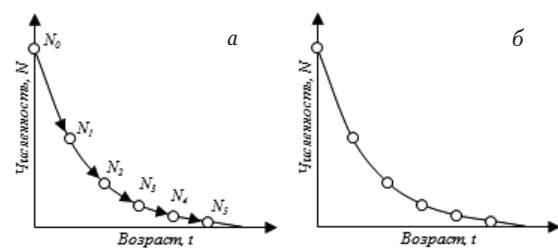


Рис. 1. Динамика численности поколения (а) и кривая выживания (б) идеальной популяции

Кривая выживания — это линия, описывающая изменение численности поколения в течение его жизни. Форма кривой выживания определяется скоростью, с которой проходит убыль численности рыб, т.е. смертностью, а её положение — начальной численностью поколения  $N_0$  (рис. 2). Даже при отсутствии промысла численность рыб всегда снижается с возрастом.

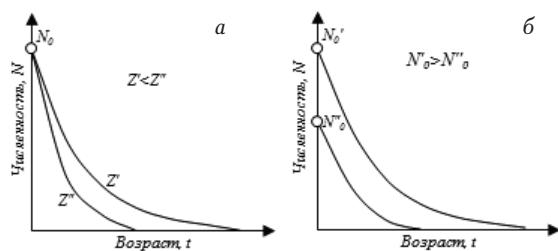


Рис. 2. Кривые выживания для различных значений смертности (а) и начальной численности поколения (б)

Предположим далее, что нерест рыб происходит ежегодно и из отложенного количества икры выводится и поступает в популяцию постоянное число мальков, равное, допустим, той же начальной численности  $N_0$ .

Допущение о постоянстве пополнения может быть справедливым, если учесть, что хотя рыбы имеют очень высокую плодовитость и могут отложить огромное количество икры, но площади нерестилищ обычно ограничены, кормовая база личинок находится на некотором среднем уровне, хищники и каннибализм приводят к элиминации излишней численности молоди. В результате (и это убедительно подтверждено современными исследованиями) в определённом диапазоне изменения численности родителей численность пополнения находится на постоянном уровне.

Тогда по мере старения рыб и перехода в следующую возрастную группу их место займёт последующее поколение (рис. 3).

Если мы будем проводить наблюдения достаточно долго, то в конце концов увидим, что формируется популяция, представленная всеми возрастными группами от нуля до предельного возраста жизни рыбы. При этом с возрастом численность постепенно уменьшается. Возрастная структура такой популяции будет описываться кривой населения.

Кривая населения — линия, описывающая возрастную структуру популяции в любой момент времени.

Если начальная численность равна  $N_0$ , а

скорость, с которой происходит уменьшение численности поколения, равна  $Z$ , то кривая населения оказывается тождественной кривой выживания. В таком стабильном состоянии популяция может существовать бесконечно.

Рассмотрим следующий численный пример (табл. 1, рис. 4). Предположим, что начальная численность поколения равна  $N_0 = 1000$  экз. рыб, из которых в течение года гибнет 10%. Если ежегодно популяция пополняется молодью в количестве 1000 экз., то на втором году она будет состоять уже из двух возрастных групп численностью, соответственно, 1000 и 900 экз., на третьем — из трёх численностью 1000, 900 и 810 экз. и так далее. Одновременно увеличивается и суммарная численность популяции от 1000 экз. до 4095 экз. Через некоторый промежуток времени численность достигнет некоторого предельного значения и популяция стабилизируется.

Таблица 1. Формирование численности популяции

Возраст, t, годы	Численность поколений, тыс. экз.						
	Год 1	Год 2	Год 3	Год 4	Год 5	Год 6	Год 7
1	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
2		900	900	900	900	900	900
3			810	810	810	810	810
4				729	729	729	729
5					656	656	656
Сумма	1000	1900	2710	3439	4095	4095	4095

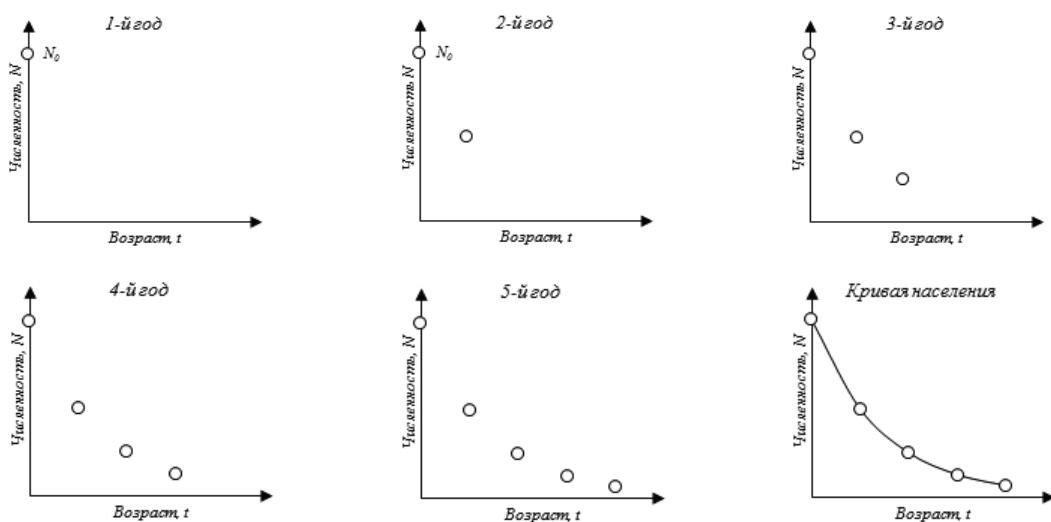


Рис. 3. Схема формирования кривой населения

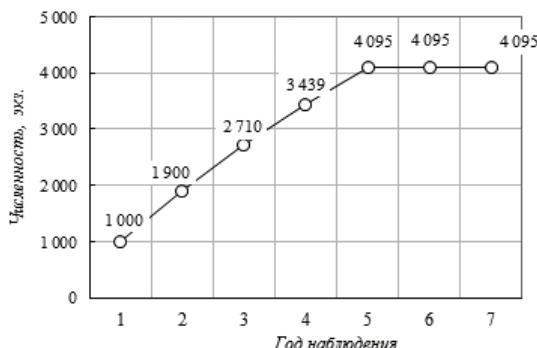


Рис. 4. Схема формирования общей численности популяции

Таким образом, независимо от того, каковы начальная численность поколения и скорость убыли, если эти две величины остаются неизменными, рано или поздно популяция приходит в стабильное состояние.

Стабильная популяция — это популяция, в которой численность и возрастная структура остаются постоянными, а кривая населения тождественна кривой выживания.

Каков период стабилизации популяции? Очевидно, что для перехода популяции в стабильное состояние необходимо количество лет, равное количеству возрастных групп. Данная закономерность является очень важной, т.к. эффект любых изменений режима рыболовства может быть оценён только тогда, когда популяция придёт в новое стабильное состояние.

Итак, мы установили, что при величине естественной смертности популяция приходит в стабильное состояние при условии, что численность пополнения будет оставаться постоянной, а сама смертность не будет изменяться в течение определённого периода времени, равного, по крайней мере, длине возрастного ряда. Что произойдёт с популяцией, если величина естественной смертности будет вдвое больше и достигнет 20%? Легко рассчитать, что при исходной численности пополнения 1000 экз. количество годовиков составит 800 экз., двухгодовиков — 640 и т.д. В конце концов сформируется стабильная популяция, кривая населения которой будет характеризоваться большим углом наклона и меньшей суммарной численностью. Аналогичная ситуация будет иметь место в случае более высокой скорости убыли, например 50%.

Таким образом, если выполняются сформулированные выше условия, величина смертности не влияет на стабильность популяции, а лишь определяет характер кривой населения и общую численность (рис. 5).

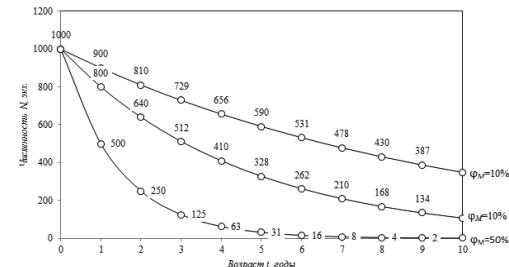


Рис. 5. Кривые населения популяции при различных значениях естественной смертности  $\phi_M$

В целях математического описания кривой населения Ф.И. Баранов применил простой подход. Он принял, что если скорость уменьшения численности рыб характеризуется некоторой постоянной величиной, то её динамику можно описать дифференциальным уравнением:

$$\frac{dN}{dt} = -ZN, \quad (1)$$

где  $Z$  — коэффициент пропорциональности, одинаковый для всех возрастных групп.

**Смысл уравнения** заключается в том, что за элементарный (очень маленький) промежуток времени  $dt$  численность рыб уменьшается на величину  $dN$ , равную  $Z$ -й части от фактической численности  $N$ .

Интегрирование данного выражения даёт описывающее динамику численности рыб выражение:

$$N_t = N_0 e^{-Zt}. \quad (2)$$

Это соотношение носит название **уравнения Баранова**, где использованный выше коэффициент пропорциональности  $Z$  называется мгновенным коэффициентом общей смертности.

На графике возрастная структура популяции имеет вид нисходящей экспоненты (рис. 6). Значение  $N_0$  характеризует предел функции при  $t \rightarrow 0$ .

Логарифмируя уравнение Баранова, приходим к линейной зависимости логарифма численности ( $\ln N$ ) от возраста ( $t$ ):

$$\ln N_t = \ln N_0 - Zt \quad (3)$$

$$\text{или} \quad y = a_0 - a_1 x, \quad (4)$$

где  $y = \ln N_t$ ;  $a_0 = \ln N_0$ ;  $a_1 = Z$ ;  $x = t$ .

На графике это уравнение имеет вид ниспадающей прямой с углом наклона  $\alpha = \operatorname{tg} Z$  и пересечением с осью  $Y$  в точке  $\ln N_0$ .

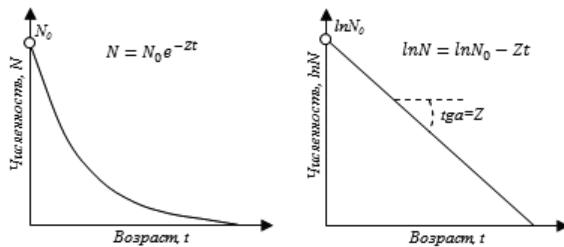


Рис. 6. Графическое отображение уравнения Баранова

В том случае, когда соблюдаются условия стабилизации, уравнение Баранова опишет не только динамику численности одного поколения (кривую выживания), но и возрастную структуру стабильной популяции (кривую на-селения).

Ограничения уравнения Баранова:

- уравнение применимо только для стабильной популяции;
- смертность не должна зависеть от возраста.

Теоретически в дифференциальное уравнение Баранова (1) можно вставить любую функцию возрастных изменений смертности  $Z(t)$ . Например, Р. Бивертон и С. Холт [1969], построившие свою классическую промысловую модель, исследовали возможность использования в уравнении Баранова переменной по возрастам естественной смертности ( $M$ ) в виде линейной функции возраста:

$$M = m_0 \pm m_1 t, \quad (5)$$

$$\frac{dN}{dt} = -(m_0 \pm m_1 t)N, \quad (6)$$

где  $m_0, m_1$  — некоторые коэффициенты.

Интегрирование уравнения даёт выпуклую или вогнутую (в зависимости от знака углового коэффициента) кривую выживания в виде ветви параболы на логарифмическом графике:

$$N = N_0 e^{-(m_0 t \pm m_1 t^2)}. \quad (7)$$

Использование более сложных функций смертности может привести к тому, что уравнение Баранова не будет интегрироваться и его придётся решать численно, что не очень удобно.

Преобразование уравнения Баранова привело к появлению его второй формы в виде ку-

сочно-экспоненциальной модели [Рикер, 1979], которая описывает связь численностей смежных возрастных групп:

$$N_{t+1} = N_t e^{-Z_t} \quad (8)$$

Данное уравнение уже не имеет тех ограничений, которые свойственны исходному уравнению Баранова, т.к. расчёт численности возможен для любой популяции (стабильной или нестабильной), а коэффициент смертности может быть своим для каждой возрастной группы. Именно поэтому оно используется в модели Рикера для прогнозирования численности популяции, исходя из её текущего состояния, и в моделях виртуально-популяционного анализа для оценки численности запаса по уровням каждого поколения на протяжении всей его жизни.

Таким образом, Ф.И. Баранов показал, каково естественное состояние популяции и как обеспечивается её стабильное существование. Рассмотрим теперь, что будет с популяцией в случае её промысловой эксплуатации и возможно ли её стабильное существование.

Предположим, что в отсутствие промысла уменьшение численности особей определяется только величиной естественной смертности  $M$ , следовательно, угол наклона кривой населения будет равен  $\operatorname{tg} \alpha = M$  (рис. 7). Допустим также, что в определённых пределах изменения суммарной численности популяции пополнение её молодью ( $N_0$ ) будет неизменной. Начало промысловой эксплуатации означает увеличение скорости изъятия особей из популяции на некоторую величину  $F$ . Тогда суммарная скорость снижения численности составит  $M + F$ , что приведёт к соответствующему возрастанию угла наклона кривой населения до величины  $\operatorname{tg} \alpha_1 = M + F$ .

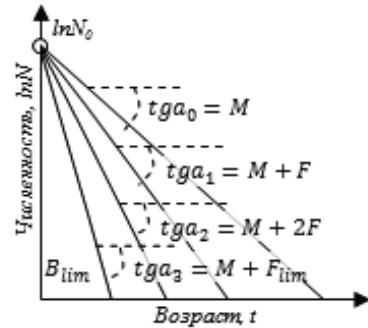


Рис. 7. Изменение угла наклона кривой выживания популяции под воздействием промысла

Как долго может существовать такая популяция в условиях эксплуатации? Очевидно, что бесконечно, если численность пополнения и скорость уменьшения численности будут оставаться постоянными. Но переход из девственного неэксплуатируемого состояния в новое стабильное займет число лет, равное количеству возрастных групп в популяции. Последствием любого изменения интенсивности рыболовства будет, согласно уравнению Баранова, закономерное изменение угла наклона кривой населения. При этом, если сохраняются условия стабилизации, популяция всегда будет приходить в стабильное состояние давая, кстати, некоторую постоянную величину улова.

Очевидно, что чем выше интенсивность эксплуатации, тем больше коэффициент общей смертности, и тем больше будет угол наклона логарифмической кривой населения. Увеличивая интенсивность лова в два раза, мы получим увеличение угла наклона кривой выживания на величину  $2F$ , в три раза —  $3F$  и т.д.

Возникает вопрос: значит ли это, что промысел может изменяться неограниченно? Очевидно, нет. Рано или поздно интенсивность лова может оказаться настолько высокой, что угол наклона кривой выживания (населения) достигнет такого значения ( $M + F_{lim}$ ), что численность популяции снизится до величины  $B_{lim}$ , когда оставшиеся родители уже не смогут отложить достаточное количество икры. Наступит явление, называемое «перелов по пополнению». Если численность пополнения зафиксируется на этом более низком уровне, то и популяция придет в новое стабильное состояние, характеризующееся меньшей величиной запаса.

Теоретически минимально необходимую численность запаса  $B_{lim}$ , соответствующую ей предельно допустимую интенсивность промысла  $F_{lim}$  можно рассчитать, зная плодовитость рыб данного вида, соотношение самок и самцов, выживаемость икры и личинок рыб, хотя это и не просто. В реальности такие расчёты обычно не производят, а за величину минимальной величины запаса принимают либо минимально наблюдённое значение биомассы ( $B_{loss}$ ), либо модельное значение  $SSB_{50\%}$  — биомассу нерестового стада, равную 50% от девственного. Обеспечить сохранение популя-

ции можно, если ввести ограничение на промысел на уровне не выше  $F_{lim}$ .

Справедливости ради следует заметить, что Ф.И. Баранов не считал необходимым заботиться о потомстве рыб, полагая, что биологический перелов по пополнению наступает гораздо позже экономического перелова: когда из-за слишком высокой интенсивности лова улов на единицу промыслового усилия снизится, промысел станет невыгодными и сам собой прекратится. Такая ситуация была очень характерна для камбалы Северного моря в период перед Первой Мировой войной, которую и анализировал Ф.И. Баранов. Современные данные свидетельствуют о том, что этот тезис нельзя абсолютизировать — факты перелова по пополнению довольно многочисленны в истории мирового рыболовства.

Таким образом, Ф.И. Баранов показал, что:

- промысел не нарушает стабильность популяции, а определённым образом изменяет её возрастную структуру и общую численность;
- если не нарушена воспроизводительная способность, эксплуатируемая популяция всегда приходит в стабильное состояние на уровне, соответствующем интенсивности промыслового изъятия;
- эффект влияния промысла заключается в: 1) увеличении угла наклона кривой населения, 2) снижении общей величины запаса и 3) уменьшении предельного возраста рыбы в популяции и, соответственно, среднего возраста и средней навески рыбы в популяции и улове.

На протяжении длительного времени в промысловой ихтиологии господствовали представления немецкого ихтиолога Ф. Гейнке о сущности перелова. Согласно концепции Гейнке, перелов — это состояние популяции, вызванное слишком интенсивным выловом, которое имеет следующие проявления:

- 1) постоянное уменьшение улова данного вида рыбы при постоянной или возрастающей интенсивности рыболовства;
- 2) снижение средней длины и навески рыбы в улове (мельчание улова);
- 3) постоянное возрастание относительного количества мелких, молодых рыб по сравнению с числом крупных и старых.

Эта концепция была настолько популярна, что и до настоящего времени многие ихтиологи

именно так рассматривают явление перелова. Как видно из теории Ф.И. Баранова, описанные Гейнке признаки являются закономерным следствием изменения структуры популяции под воздействием промысла и никак не связаны с переловом. Перелов наступает тогда, когда в результате уменьшения нерестового стада происходит снижение численности пополнения  $R$ , но в этом случае будет наблюдаться не «мельчание», а, наоборот, возрастание среднего возраста и средней навески рыбы в улове потому, что относительная численность молоди уменьшится. Т.е. картина будет совершенно обратная той, которую описывал Гейнке: кривая населения будет иметь выпуклую форму, которая характеризует «стареющую» популяцию (рис. 8).

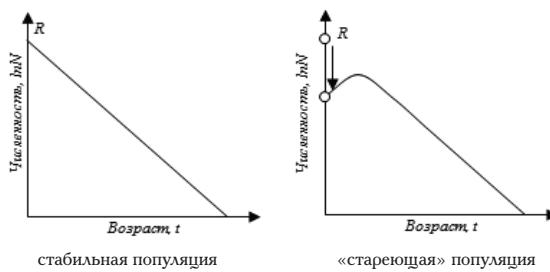


Рис. 8. Изменение структуры популяции в случае перелова по пополнению

Ф.И. Баранов очень наглядно показал, что признаки, описываемые Гейнке, характерны для переходного периода популяции из одного состояния при более низкой интенсивности промысла в другое.

Итак, с биологической точки зрения, популяция может существовать в стабильном состоянии при любой интенсивности промысла в пределах от нуля до  $F_{\lim}$ . Тогда необходимо решить следующий вопрос: какова оптимальная интенсивность промысла и как её определить. Баранов применил весьма оригинальный подход к формированию представлений о поиске наиболее эффективного режима эксплуатации, провёдя аналогию с лесным хозяйством. Он рассуждал следующим образом.

«Предположим, вы получили в свое распоряжение участок земли и хотите заняться лесным хозяйством. Чтобы иметь постоянный доход, это хозяйство нужно вести по некоторой системе. Вы делите свой участок, скажем, на 100 частей и рубите ежегодно одну по порядку.

И когда вернетесь к первой, то на ней опять уже будут 100-летние деревья; т.е. ежегодно вы будете использовать 1/100 участка.

Можно построить хозяйство иначе, разбив участок на 80 или 60 частей. При этом вы будете рубить уже 80- или 60-летние деревья, и тот переход к утилизации более молодых экземпляров не представляет ничего катастрофического, а просто молодые деревья будут цениться несколько меньше, но зато объём их вырубки будет несколько большим, т.к. за один год в этих случаях вырубается уже не 1/100, а 1/80 или даже 1/60 часть участка. Какая схема более выгодна, должны решить простые расчёты.

Положим далее, что вы высчитали, сколько деревьев может срубить в день один дровосек, и не разбиваете участок на делянки, а подсчитав, сколько нужно дровосеков, чтобы вырубить в течение года намеченную вами делянку (например, 1/100 или 1/60), посыпаете их рубить где попало или даже завязываете им глаза, чтобы они не видели, что рубят. В результате получается схема, близкая к рыболовству. Каков же у вас будет ход промысла?

По мере того, как вы будете увеличивать число дровосеков и, следовательно, переходить на меньшее число делянок, вы будете рубить более молодые деревья, но в большем числе. Стоимость вырубаемого леса будет возрастать до тех пор, пока увеличение числа ежегодно вырубаемых деревьев не будет компенсироваться уменьшением их величины. Наступит, наконец, «перелов», не представляющий ничего грозного, но просто менее выгодный.

Если же участок покрыт девственным лесом, то дело несколько осложняется: прежде всего нужно его свести. Сделать это можно по-разному, но если у вас из года в год работает одно и то же число дровосеков, то количество добываемого леса будет уменьшаться по мере того, как все реже и реже будут встречаться тысячелетние, очень большие деревья. Равновесие, т.е. стабилизация числа вырубленных за год деревьев на постоянном уровне, наступит тогда, когда будет вырублено последнее старое дерево.

Если же вы, приступая к эксплуатации девственного леса, будете постепенно увеличивать число дровосеков, то добыча будет сначала воз-

растать, а затем начнет уменьшаться до тех пор, пока не будет сведен первоначальный лес. И, в конце концов, какими бы путями вы не шли, какими бы колебаниями не сопровождалось приближение к состоянию равновесия, результат будет один и тот же: ваш участок распадется на определенное количество делянок, если только будет достаточно семян.

Несомненно, что, переходя к рыбному хозяйству, придется внести в изложенную схему значительные изменения уже потому, что определенные группы рыб, например проходные и морские, значительно различаются по образу жизни, но несомненно также и то, что пессимистическая точка зрения на динамику рыбных запасов и их подрыв под воздействием промысла может быть весьма вредна» [Баранов, 1971. С. 10–11].

Таким образом, Ф.И. Баранов считал, что перелов представляет собой в большей степени экономическую категорию, т.к. падение экономической эффективности промысла наступает гораздо раньше, чем биологический «подрыв» популяции. Предотвращение перелова может быть обеспечено путем выбора оптимальных технических параметров промысла. Используя выведенное уравнение Ф.И. Баранов [1918] впервые построил промысловую модель популяции на примере камбалы Северного моря и исследовал зависимость величины улова от биологических особенностей популяции, в частности от величины естественной смертности. Им было показано, что для разных значений естественной смертности кривые улова существенно различаются по характеру: в популяции с низкой величиной естественной смертности максимум кривой достигается при невысокой интенсивности промысла; в популяции с высокой естественной смертностью улов замедленно возрастает по мере интенсификации промысла. При некоторых значениях естественной смертности на кривой улова имеется точка перегиба, положение которой зависит от собственных параметров популяции (рис. 9). В среднем максимум улова имеет место при величине промысловой смертности, близкой к естественной.

Заметим, что последний вывод, который имел в значительной степени условный характер, позднее рядом авторов был абсолютизирован и принят в качестве критерия оптимально-

сти промысла, что не вполне правильно. На рис. 9 отчетливо видно, что существуют популяции, для которых перегиба кривой улова не наблюдается.

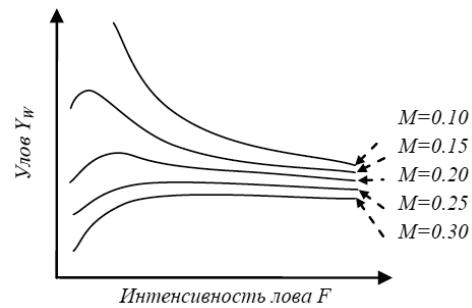


Рис. 9. Кривые улова идеальной популяции при различных значениях коэффициента естественной смертности  $M$  согласно модели Ф.И. Баранова

Таким образом, Ф.И. Баранов показал, что когда обозначены биологически безопасные пределы эксплуатации популяции ( $B_{\lim}, F_{\lim}$ ), оптимальный режим промысла может быть определен исходя из простых экономических расчетов. Данный вывод категорически не принимался биологами, которые считали, что динамика популяций рыб определяется воздействием комплекса экологических факторов, которые не могут быть описаны в виде очень простых уравнений, которые использовал Ф.И. Баранов. Еще сильнее они противостояли экономическому подходу к решению вопроса о рациональном использовании запасов, полагая, что в основе все же должны стоять биологические аспекты, а не описание промысла. Безусловно, жизнедеятельность популяций рыб и других промысловых гидробионтов определяется не только собственными биологическими параметрами и промыслом, но и воздействием сложнейшего комплекса внешних экологических факторов — температуры воды, солености, уровня развития кормовой базы, наличия хищников, конкуренции и т.п. Однако если принимать во внимание влияние всех факторов в совокупности, то, скорее всего, уловить действие каждого из них в отдельности не удастся. Поэтому остается два пути: либо, как метко заметил Ф.И. Баранов, «склонить голову перед премудростью творца, сложностью природы и бессилием научного метода», либо изучить влияние только тех факторов, которые поддаются

контролю и учёту, а именно промысла, принял, что все другие действуют совместно с некоторой постоянной интенсивностью. По мере накопления знания можно будет включать в рассмотрение всё большее количество параметров.

Ф.И. Баранов оказался совершенно прав. Развитие теории динамики стада рыб привело к включению в рассмотрение закономерностей формирования пополнения промыслового стада в виде моделей «запас — пополнение»; изменчивость условий существования популяции и флюктуации её численности оказалось возможным исследовать с помощью моделей виртуально-популяционного анализа, формирование биологической продукции — в производственных моделях, а пищевые взаимодействия между рыбами — в моделях многовидового промысла. Но все эти подходы в основе своей содержат теорию Ф.И. Баранова.

Рассмотрим в связи с этим современное представление о динамике системы «запас — промысел» (рис. 10). Обычно под оптимальным уловом понимается наибольший экономически целесообразный улов определённого товарного качества, изъятие которого из популяции не приводит к нарушению её воспроизводительной способности. Достижение его связано с нормированием хозяйственной деятельности таким образом, чтобы обеспечить функционирование системы «запас — промысел» на уровне, соответствующем интересам человека. В результате интенсификации промысла происходит закономерное снижение величины популяции от максимальной  $B_{vir}$  соответствующей девственному состоянию, до минимальной  $B_{lim}$ ,

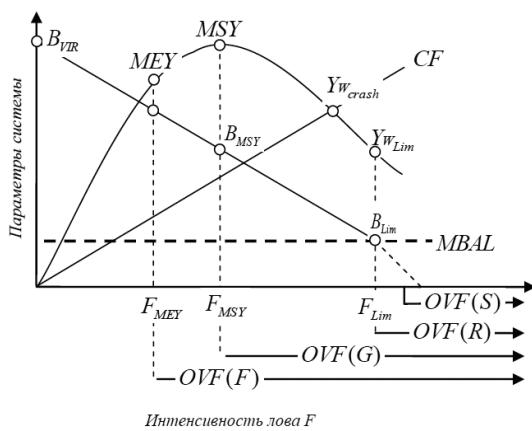


Рис. 10. Современное понимание закономерностей динамики системы «запас — промысел»

которая определяется наименьшим биологически допустимым уровнем запаса  $MBAL$ .

Увеличение интенсивности промысла выше предела  $F_{lim}$  влечёт за собой перелов по пополнению  $OVF(R)$  и снижение величины запаса ниже необходимого для нормального функционирования. Дальнейшая судьба популяции определяется сложившимися биоценотическими взаимоотношениями в экосистеме: популяция либо гибнет, либо переходит в депрессивное состояние, соответствующее экосистемному перелову  $OVF(S)$ , когда она не сможет эффективно конкурировать за ресурсы и её экологическая ниша будет занята другим видом. Выход из такого состояния не всегда возможен.

В интервале интенсивности промысла между этими крайними положениями существует несколько промежуточных состояний системы «запас — промысел», которые характеризуются большей или меньшей экономической эффективностью рыболовства и тем или иным видом обратимого экономического или биологического перелова. Пик на кривой улова соответствует максимальному уравновешенному улову  $MSY$  при интенсивности лова  $F_{MSY}$ . Превышение этой интенсивности влечёт за собой перелов по росту  $OVF(G)$ , когда скорость изъятия рыб превышает скорость их роста и снижение абсолютной величины вылова. Казалось бы, максимальный уравновешенный улов  $MSY$  — это критерий, к которому должен стремиться промысел. Однако оказывается, что такой вывод, основанный только на биологических соображениях, не вполне правилен. Интенсификация промысла связана с прямо пропорциональным увеличением затрат на его ведение  $CF$ . Рано или поздно наступит момент, когда прямая затрат пересечёт кривую улова в точке  $MEY$ , промысел станет экономически невыгодным и придёт в упадок. Очевидно, что наиболее экономически эффективным будет рыболовство, обеспечивающее наибольшую прибыль — разницу между стоимостью улова и затратами на ведение промысла. На графике (рис. 10) нетрудно заметить, что максимальная прибыль приходится на состояние, соответствующее  $MSY$ , а на несколько меньшую интенсивность промысла  $F_{MEY}$ , обеспечивающую получение максимального экономического улова  $MEY$ . Повышение интенсивности выше

$F_{MEY}$  приводит к экономическому перелову по усилию  $OVF(F)$ , когда промысел просто становится менее рентабельным. Как видно, основные идеи, высказанные Ф.И. Барановым более 100 лет назад, полностью подтверждаются современной теорией рыболовства.

Рассмотрев закономерности стабилизации популяций, сформулированные Ф.И. Барановым, попытаемся выяснить, можно ли сохранить популяцию в её девственном, первозданном состоянии, т.е. такой, какой она была до начала эксплуатации при ведении рыболовства. Данный вопрос имеет не только большое теоретическое, но и практическое значение с точки зрения выбора наиболее рациональной модели природопользования. В литературе, посвящённой динамике стада рыб, имеются многочисленные высказывания о том, что если подобрать некоторые обоснованные с биологической точки зрения параметры промыслового использования, не превышающие способности популяции к саморегуляции, то в этом случае промысел не будет оказывать на неё существенного влияния [Никольский, 1974].

Попробуем, исходя из формальной теории жизни рыб, подобрать такие «биологически обоснованные» меры регулирования, которые позволяли бы сохранить структуру популяции в девственном состоянии. Возможно несколько подходов к решению данного вопроса:

1) подбор оптимальной интенсивности промысла, не превышающей «регуляторные способности» популяции;

2) регламентация возраста, начиная с которого рыба может быть отловлена, для обеспечения нормального воспроизводства запаса;

3) противодействие промыслу путём восстановления запаса с помощью искусственного воспроизводства.

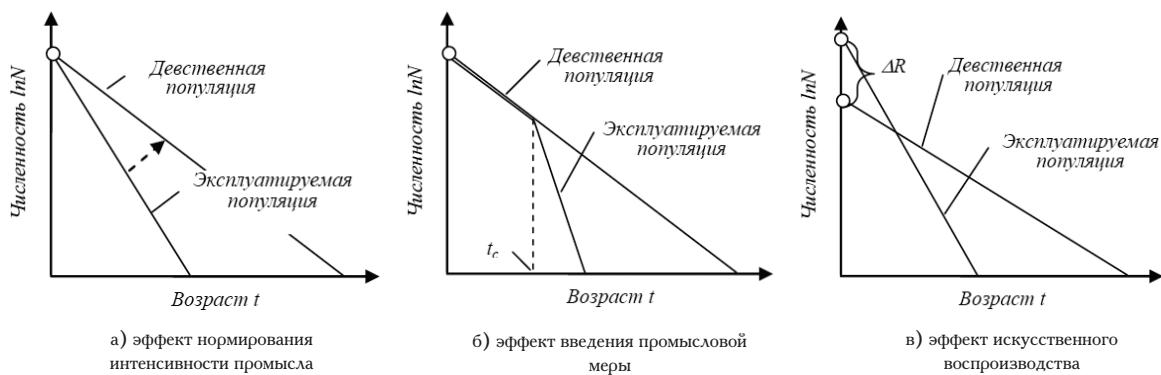
Рассмотрим эффективность этих мер регулирования.

**1. Подбор оптимальной интенсивности промысла.** Предположим, что существует девственная, неэксплуатируемая популяция, кривая населения которой описывается нисходящей линией, тангенс угла наклона которой равен мгновенному коэффициенту естественной смертности  $\operatorname{tg}\alpha = M$ . Согласно формальной теории жизни рыб, внедрение любого вида рыболовства, даже оптимального, приводит к за-

кономерному увеличению скорости убыли рыб и, следовательно, к возрастанию угла наклона кривой населения, допустим, до величины, равной  $\operatorname{tg}\alpha = M + F$  (рис. 11,а). Как можно сохранить структуру популяции, соответствующей девственному состоянию? Очевидно, необходимо уменьшить интенсивность промысла, например в два раза. Тогда угол наклона кривой населения уменьшится до  $\operatorname{tg}\alpha = M + F/2$  и приблизится к девственному состоянию, но не достигнет его. Сохранить структуру популяции в девственном состоянии можно, снизив интенсивность промысла до такой степени, чтобы тангенс угла наклона кривой населения стал равен величине естественной смертности:  $\operatorname{tg}\alpha = M$ . Однако такой подход не имеет смысла, т.к. в этом случае промысел прекратится и не будет давать никакого улова, хотя это и является целью рационального природопользования.

**2. Выбор оптимального возраста начала эксплуатации.** Одной из мер регулирования промысла является введение промысловой меры на рыбу и запрет отлова молодых, обычно неполовозрелых, особей. Например, можно установить запрет на отлов рыб возрастом меньше  $t_c$ . Не рассматривая пока биологическую сторону данного подхода, отметим, что и в этом случае оказывается невозможным сохранить девственную структуру популяции. Действительно, для младших возрастных групп кривая населения будет тождественна неэксплуатируемой популяции, а для старших — иметь тем больший угол наклона, чем более интенсивно эксплуатируется запас (рис. 11,б). Только смещение промысловой меры на предельные возрастные группы позволит приблизиться к цели сохранения девственной структуры популяции, но в результате промысел потеряет всякий смысл, т.к. численность рыб предельного возраста стремится к нулю.

**3. Искусственное воспроизводство.** Предположим, что эксплуатируемая популяция описывается некоторой кривой населения с тангенсом угла наклона, равным  $M + F$  и численностью пополнения, равной  $R$ . Попытка противодействовать промыслу путём искусственного воспроизводства молоди и выпуска её в водоём в количестве  $\Delta R$  приводит, с одной стороны, к перемещению начала кривой населения в сторону более высокой численности пополнения



**Рис. 11.** Характер изменения кривых населения популяции в связи с применением различных методов охраны рыбных запасов

( $R + \Delta R$ ), а с другой, при наличии промысла, — к неизбежному увеличению угла наклона (рис. 11,в). Следовательно, даже при более высокой численности пополнения кривая населения всё равно не будет тождественна кривой, характерной для девственной популяции.

В связи с вышесказанным можно сделать следующий вывод. Бытующее среди части ихтиологов и многих экологов мнение о том, что популяция может «противостоять» промыслу, если он не носит «хищнического» характера, оказывается несостоятельным. Даже если разрежение популяции промыслом и приведёт к некоторому улучшению темпа роста рыб, лучшему выживанию молоди и повышению численности пополнения, все равно структура эксплуатируемой популяции претерпит закономерные изменения: увеличится угол наклона кривой населения и уменьшится количество возрастных групп.

Никакими мерами регулирования невозможно сохранение популяции в первозданном, девственном (*virgin*) состоянии при наличии промысла. В связи с этим задача управления водными биоресурсами заключается не в предотвращении воздействия промысла вообще, а в его нормировании на уровне, обеспечивающем устойчивое рыболовство.

До настоящего момента мы рассматривали промысел как некоторый внешний фактор, воздействующий на популяцию и снижающий её численность. Появилось даже такое определение: промысел — это «насос», который изымает биологическую продукцию, и необходимо ограничить его таким образом, чтобы изъятие не превысило скорость продуцирования, кото-

рое свойственно каждому запасу. Ф.И. Баранов выдвинул совершенно иную точку зрения: промысел сам обеспечивает формирование промысловой продуктивности, определяя величину эксплуатируемого запаса. Для доказательства такого понимания в статье, выпущенной в 1925 г., он разработал по сути дела первую производственную модель. Суть рассуждений Баранова сводится к следующему: если в текущем году промысел изъял некоторую часть запаса, то в результате высвобождается определённый объём пищевых ресурсов. За счёт питания этими ресурсами запас рыб восстанавливается и снова используется промыслом. Чем больше было изъято рыбы, тем большое сформируется новой продукции, которая может опять изыматься в виде улова. Вывод: промысел сам определяет продуктивность запаса.

Ф.И. Баранов попытался эту закономерность выразить математически следующим образом. Пусть годовая продуктивность водоёма, выраженная в некоторых кормовых единицах, составляет  $P_k$  (например, продукция зообентоса), а биомасса рыбы, которая может существовать в водоёме, —  $B_{W_0}$ . Соотношение этих двух величин определяет, сколько корма необходимо потратить для поддержания существования единицы биомассы рыбы:

$$k = \frac{P_k}{B_{W_0}}. \quad (9)$$

В современном понимании величина  $k$  есть не что иное, как коэффициент эффективности трансформации энергии в экологической пирамиде.

Допустим далее, что из водоёма выловлено некоторые количество рыбы  $Y_W$  и, таким образом, освободилось количество корма  $\rho_k$ . Не-трудно определить, сколько рыбной продукции может образоваться на этой освободившейся кормовой базе:

$$Y_W = \frac{\rho_k}{r}. \quad (10)$$

Здесь  $r$  — количество корма, которое необходимо затратить для формирования единицы рыбной продукции. В рыбоводстве этот показатель носит название кормового коэффициента.

Если предположить, что промысел стабилен, то можно записать выражение:

$$kB_W + rY_W = Pk, \quad (11)$$

где  $B_W$  — биомасса остающейся после вылова части запаса.

Уравнение свидетельствует о том, что годовое потребление корма, расходуемого на поддержание оставшегося запаса, и корма, расходуемого на формирование добавочной продукции (которая изымается в виде улова), равно кормности водоёма. Подставив (9) в (11) получаем:

$$kB_W + rY_W = kB_{W_0}. \quad (12)$$

Введём коэффициент, который показывает, во сколько раз необходимо затратить корма на формирование продукции, чем на поддержание жизнедеятельности популяции:

$$B_W + yY_W = B_{W_0}. \quad (13)$$

Определим интенсивность эксплуатации  $y$  как долю биомассы, изымаемой из популяции:

$$y = \frac{Y_W}{B_W + Y_W}. \quad (14)$$

Несложные преобразования позволяют получить зависимость величины улова от биомассы естественного запаса и интенсивности промысла:

$$Y_W = \frac{B_{W_0}}{\frac{1}{u} + (y - 1)}. \quad (15)$$

Смысль уравнения заключается в том, что при постоянной величине естественного запаса,

$B_{W_0}$  который определяется кормностью водоёма, улов может изменяться в зависимости от интенсивности промысла, величины кормового коэффициента и давать стабильный улов.

Приняв, что на формирование продукции тратится в 3 раза больше корма, чем на поддержание жизнедеятельности популяции ( $y = 3$ ), Баранов определил зависимость между интенсивностью промысла и величиной улова. Полученная зависимость свидетельствует о том, что при увеличении интенсивности промысла улов постепенно увеличивается, стремясь к асимптоте (рис. 12). Подход Баранова был очень упрощённым, в нём использовались предполагаемые значения коэффициентов ( $r, k$ ), но именно он заложил теоретическую основу производственных моделей.

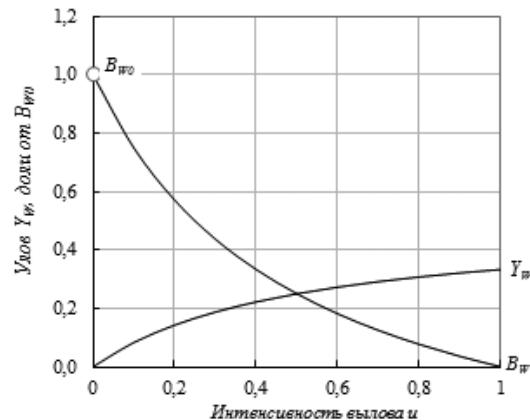


Рис. 12. Зависимость общего улова от интенсивности промысла по Ф.И. Баранову

В последующем производственная модель Ф.И. Баранова никогда не использовалась, но в ней впервые была показана связь между интенсивностью промысла и продуктивностью популяции. Именно своей работой Ф.И. Баранов показал несостоятельность теории «неприкосновенного капитала» Гейнке. Напомним суть этой теории, упомянутой в начале статьи: естественный запас рыб есть некоторая константа, своего рода «неприкосновенный капитал», проценты с которого в виде продукции должен использовать промысел. Если рыболовство изымает больше, чем составляет величина прироста (процент), то это приводит к снижению запаса и уменьшению вылова и в конце концов к перелову. На самом деле, согласно теории Ф.И. Баранова, константой явля-

ется не величина естественного запаса, а его продуктивность. В отсутствие промысла вся формируемая продукция утилизируется внутри экосистемы за счёт гибели рыб вследствие действия различных естественных причин (хищников, паразитов, болезней), и поэтому запас никогда не может превысить величины  $B_{W_0}$ . Промысел изымает часть особей в виде улова и тем самым снижает их естественную гибель. Чем больше интенсивность рыболовства (разумеется, до определённых пределов, соответствующих скорости роста данного вида рыбы), тем больше будет величина улова, но при этом меньше окажется сам запас. На рис. 12 видно, что в зоне определённых значений интенсивности промысла величина улова оказывается больше, чем остаточная биомасса. Это свидетельствует о том, что основная часть формируемой продукции сразу изымается в виде улова, а не уходит на увеличение биомассы запаса.

Можно продолжить рассмотрение роли промысла далее, используя современные представления о закономерностях роста популяций. В промысловой ихтиологии рост популяции, представляемый в виде логистической кривой, обычно связывается с именем норвежского учёного Йорта (1933) [цит. по: Засосов, 1976], который сформулировал следующие закономерности (рис. 13):

1) после заселения водоёма численность рыбы быстро увеличивается в связи с их высокой плодовитостью и избытком корма;

2) достигнув некоторой численности  $B_{W_\infty}$ , когда количество пищи, приходящееся на одну особь, оказывается недостаточным, рост популяции замедляется и в конце концов вообще прекращается;

3) величина годового прироста стада (реальная продукция  $P_R$ ) определяется разностью

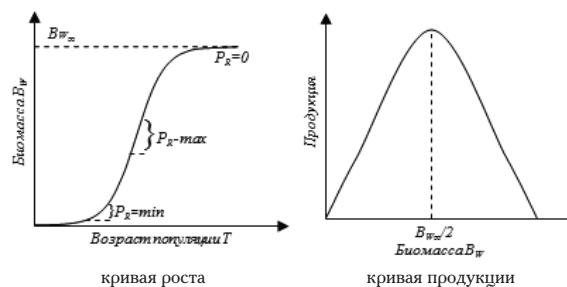


Рис. 13. Изменение продуктивности популяции в процессе роста

между величинами численности или биомассы популяции в начале и в конце года:

- продукция оказывается небольшой в начальный период существования популяции, так как, несмотря на то что скорость весового роста велика, фактическая численность запаса относительно невысока;

- продукция максимальна при средней численности популяции (в точке перегиба кривой);

- продукция равна нулю в зоне максимальной биомассы — ёмкости среды.

Согласно теории Ф.И. Баранова, в девственном, неэксплуатируемом состоянии популяция находится на уровне близком к ёмкости среды  $B_{W_\infty}$  и её реальная продукция равна нулю. Начало эксплуатации приводит к закономерному уменьшению запаса, который через число лет, равных продолжительности жизни рыбы, стабилизируется на некотором более низком уровне. В результате реальная продуктивность популяции увеличивается. Следовательно, можно подобрать такую интенсивность промысла, чтобы привести популяцию в состояние  $B_{W_\infty}/2$ , соответствующее максимальной продуктивности популяции. Обеспечив нормальный уровень воспроизводства запаса, можно поддерживать его в таком состоянии, получая максимальную величину уравновешенного улова.

В заключение проведём критический анализ постулатов ихтиологии, сформулированных в начале настоящей работы.

1. Насколько справедлив тезис о необходимости дать возможность каждой рыбе хотя бы один раз отнереститься, чтобы обеспечить стабильность рыболовства? Заметим, что этот тезис до сих пор лежит в основе большинства правил рыболовства и реализуется путём установления промысловой меры на рыбу, приблизительно соответствующей длине, при которой происходит наступление половозрелости данного вида. Анализ закономерностей стабилизации эксплуатируемой популяции показывает, что данное утверждение не вполне справедливо, т.к. стабильность популяции достигается не через регламентирование возраста первой поимки (в современном понимании — регламентирование селективности промысла), а ограничением промысла на уровне, обеспечивающем поддержание запаса не ниже величины

$B_{\lim}$ . В том случае, когда интенсивность промысла низка, никакое регулирование селективности не нужно, т.к. запас всегда будет выше минимально необходимого. В то же время при очень высокой интенсивности лова может оказаться, что дать рыбе отнереститься один раз недостаточно, а нужно смещать возраст первой поимки на несколько лет и ловить после наступления возраста половозрелости. Вероятно, большинство традиционных видов промысла в настоящее время приходят в упадок именно потому, что данное обстоятельство не учитывалось. Соблюдение промысловой меры на протяжении нескольких десятилетий происходило на фоне всей возрастающей интенсивности промысла за счёт технического перевооружения рыбодобывающей базы. В итоге оказалось, что численность родительского стада закономерно снизилась до уровня, не обеспечивающего достаточное воспроизводство. Выходом из этого положения могло бы быть либо снижение интенсивности промысла, либо увеличение возраста первой поимки до уровня, способствующих восстановлению родительского стада.

2. Теория саморегуляции также не соответствует реальной ситуации: если есть промысел всегда будут происходить закономерные изменения в популяции — снижение величины запаса, возрастание угла наклона кривой населения, уменьшение среднего возраста и навески рыбы в улове и популяции. Никакими «биологически обоснованными» мерами регулирования невозможно сохранить популяции в девственном состоянии. Попытки обосновать возможность эксплуатируемой популяции «активно противостоять» промыслу за счёт, например, увеличения плодовитости, большего темпа роста и т.п. также не выдерживают критики. Насколько может увеличиться темп роста рыбы? Вероятно, на несколько десятков процентов. Насколько может увеличиться интенсивность лова? Очевидно, в десятки раз. Поэтому никакие биологические модификации не смогут компенсировать действие такого мощного фактора, как промысел.

3. Теория неприкосновенного капитала представляет собой очень упрощённое и далёкое от действительности понимание закономерностей динамики популяций, их роста и формирования биологической продуктивности. Как

величина самого запаса (капитала), так и прирост (проценты) являются величинами переменными, зависящими от интенсивности промыслового изъятия. Нет никакого теоретического обоснования в необходимости поддержания запаса на уровне девственной популяции.

Здесь необходимо остановиться ещё на одном аспекте интерпретации промысловой продуктивности. В качестве следствия применения теории неприкосновенного капитала, на наш взгляд, можно рассматривать используемый в настоящее время подход к оценке оптимального улова как к величине продукции популяции в её текущем или прогнозируемом состоянии. Такое равенство может быть достигнуто только в случае, когда мы остановим промысел на год, дождёмся, когда сформируется продукция, а затем мгновенно (пока не успел включиться фактор естественной смертности) изымем весь прирост. Очевидно, это совершенно невыполнимо: в течение года одновременно идёт и формирование продукции, и рост биомассы запаса, и потери биомассы за счёт естественных причин, а также изъятие промыслом. Лишь в некотором исключительном случае может оказаться, что вылов равен величине реальной продукции, но совершенно неизвестно, что продукция будет соответствовать девственной.

4. Концепция перелова Гейнке абсолютно не соответствует известным закономерностям динамики стада: «мельчание» рыбы в улове является закономерным следствием изменения возрастной структуры популяции под воздействием промысла, но никак не переловом. Биологический перелов по пополнению наступает тогда, когда численность родительского стада снижается ниже необходимого уровня, но признаком этого будет не «мельчание», а, наоборот, возрастание средней навески рыбы в улове. Но если интенсивность промысла будет постоянна, через известное время популяция стабилизируется на новом уровне, может и более низком, давая стабильную величину улова. Важно лишь определить этот минимально необходимый уровень запаса.

Таким образом, промысел не есть зло, уничтожающее рыб, с которым нужно всемерно бороться, не есть «насос», просто изымающих рыб из водоёма, промысел — это средство управления продуктивностью эксплуатируемых

популяций. Подбирая определённую интенсивность и селективность рыболовства, вводя биологически обоснование правила регулирования промысла, человек может привести запас в состояние, обеспечивающее его стабильное существование, максимальную биологическую продукцию и экономическую эффективность ведения устойчивого рыболовства. Теоретические основы рационального использования рыбных запасов были заложены более ста лет назад русским учёным Фёдором Ильичом Барановым.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Баранов Ф.И. 1918. К вопросу о биологических основаниях рыбного хозяйства // Изв. Отдела рыбоводства и научно-промышлен. исслед. Т. 1. Вып. 2. С. 84–128.
- Баранов Ф.И. 1971. Избранные труды. М. Пиц. пром-ть. Т. 3. 304 с.
- Баранов Ф.И. 1925. К вопросу о динамике рыбного промысла // Бюлл. рыбн. хоз-ва. Т. 8. С. 26–38.
- Бивертон Р., Холт С. 1969. Динамика численности промысловых рыб. М.: Пиц. пром-ть. 248 с.
- Бэр К.М. 1961. Материалы для истории рыболовства в России и в принадлежащих ей морях // Очерки по биологическим основам рыбного хозяйства. М. С. 5–23.
- Засосов А.В. 1976. Динамика численности промысловых рыб. М.: Пиц. пром-ть. 312 с.
- Никольский Г.В. 1974. Теория динамики стада. М.: Пиц. пром-ть. 447 с.
- Рикер У.Е. 1979. Методы оценки и интерпретация биологических показателей популяций рыб. М.: Пищевая промышленность. 408 с.
- Шибаев С.В. 2014. Промысловая ихтиология. Калининград: Аксиос. 534 с.

Поступила в редакцию 24.07.2015 г.

Принята после рецензии 21.08.2015 г.

## Formal theory of fishes life by F.I. Baranov and its importance for development of fishery science

S.V. Shibaev

Kaliningrad State Technical University (Kaliningrad)

The article describes general background of «The formal theory of fishes life» developed by prof. F.I. Baranov in the early XX century. It is shown that his views on understanding of laws of dynamics of exploited fish stock was fundamentally different from a purely biological approach used by majority of ichthyologists, but proved to be correct, and served as the basis for the creation of the modern theory of fisheries. The most important ideas of F.I. Baranov were the following: fishery is one of the most powerful factor causing dynamics of fish population; fisheries does not lead to the crash of exploited populations, in case if number of recruitment is enough; to support the normal recruitments we must restrict fishery on the level more than minimal spawning stock biomass; if the number of recruitment is stable, exploited populations always come to a stable state, giving a constant yield; any protecting measures cannot support the exploited population on the virgin level; when biological limit reference points are determined, then optimal level of exploitation is defined by economic consideration; fishing is a management tool of populations' productivity; the impact of fishing on populations is in the decrease of stock number, average weight of landing fishes and maximum age of fishes as well. These changes are not related to recruitment overfishing, which, on the contrary, is accompanied by the weight increase of landing fishes. A modern scheme of the dynamics of the «stock–fish» system is presented, it fully confirms the ideas of F.I. Baranov brought out more than 100 years ago.

Key words: «formal theory» of fishes life, Baranov's equation, virgin population, stabilization of fish population, fishery, theory of stock dynamics, survival curve, number at age curve, mortality, recruitment, overfishing, optimal yield, maximum sustainable yield, maximum economic yield.