

597.0 + 639.2

**НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ, СВЯЗАННЫЕ С ОПРЕДЕЛЕНИЕМ
РАЦИОНАЛЬНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ ПРОМЫСЛА**

В. А. АБАКУМОВ

Важнейшим принципом современной материалистической биологии является принцип единства организма и среды. На каждом этапе развития организм находится в определенных отношениях со средой, специфичных для каждого этапа развития организма данного вида. Единство организма и среды представляет собой диалектическое противоречивое единство, единство противоположностей. На различных этапах развития организма противоречия достигают различной остроты.

Те этапы развития, на которых противоречия между организмом и средой достигают наибольшей остроты, могут быть названы критическими. На критических этапах обычно лимитируется численность вида, а в процессе эволюции на этих этапах возникают новые адаптации, разрешающие (или смягчающие) противоречия на данном этапе развития. В результате этого критическими становятся другие этапы развития и уже на этих этапах обычно лимитируется численность вида.

Соотношения численностей на различных этапах развития специфичны для каждого вида. Специфичны не только соотношения численностей, но и их относительные колебания, что связано с видовой специфичностью компенсаторных приспособлений на различных этапах развития. Под компенсаторными приспособлениями я понимаю такие приспособления, которые позволяют популяции в той или иной степени компенсировать большую гибель на одном из этапов развития большим выживанием на последующих этапах.

Смягчение противоречий на одних этапах развития организма и обострение их на других могут быть вызваны и существенными изменениями в окружающей среде. Такие изменения могут быть временными и очень непродолжительными. по сравнению со временем существования вида. Так, в условиях современного рыболовства промысел может достичь такого уровня, что критическими этапами окажутся этапы промыслового возраста рыбы.

Состояние облавливаемой популяции, при котором в результате воздействия промысла количество производителей сокращается настолько, что именно оно начинает лимитировать численность популяции, может быть названо состоянием критического перелома.

В последнем случае должна возникнуть прямая корреляция между числом производителей и числом их потомства и не только на ранних этапах развития потомства, но вплоть до его вступления в промысел. Отсутствие такой корреляции у некоторых видов рыб, например у каспийского леща [9], свидетельствует о том, что промысел в данном случае не является фактором, лимитирующим численность популяции. Од-

нако и в тех случаях, когда облавливаемая популяция еще далека от состояния критического перелома, уменьшение интенсивности промысла может привести впоследствии к увеличению уловов. Такой эффект от уменьшения интенсивности промысла возможен только тогда, когда индивидуальный весовой прирост рыбы превышает в процентах естественную смертность.

При рациональном рыболовстве в водоеме ежегодно должно сохраняться количество производителей, необходимое и достаточное для поддержания популяции в состоянии, приближающемся к состоянию критического перелома, но не переходящим в него.* Остальные рыбы могут изыматься промыслом без ущерба для воспроизводства популяции. Выловленные в возрасте наиболее целесообразного их хозяйственного использования, они составят рациональный улов**. Возраст рыб, при котором вылов их наиболее рационален, определяется двумя взаимно противоположными процессами: естественной смертностью и индивидуальным весовым ростом. Отсюда ясна актуальность изучения закономерностей этих процессов.

Понятие естественной смертности в теории рыболовства нуждается в дальнейшей дифференциации: следует различать насильственную естественную смертность (т. е. смертность, вызываемую болезнями, хищниками и т. п.) и биологическую естественную смертность. В облавливаемой популяции уменьшение насильственной смертности неизбежно приводит к увеличению биологической.

Соотношения между этими двумя видами естественной смертности у разных видов рыб различны. Особенно резкие различия обнаруживаются при сравнении рыб, нерестующих лишь однажды в жизни, например миноговых (*Petromyzonidae*) и тихоокеанских лососей (*Oncorhynchus*), с рыбами, нерестующими неоднократно, например с осетровыми (*Acipenseridae*).

В облавливаемой популяции соотношение между насильственной смертностью и биологической существенно изменяется под влиянием промысловой смертности. При этом у рыб, многократно нерестующих, промысловая смертность может привести к полному исключению биологической смертности без ущерба для популяции, у рыб же, нерестующих лишь однажды, полное исключение биологической смертности возможно только одновременно с уничтожением всей популяции или некоторых генераций. Таким образом, все три различаемые нами вида смертности тесно взаимосвязаны и увеличение промысловой смертности без закономерного постоянного уменьшения воспроизводимого стада возможно, прежде всего, за счет компенсаторного уменьшения насильственной естественной смертности и биологической естественной смертности.

Один из путей определения величин смертности — дальнейшее совершенствование методики мечения.

Если о естественной смертности рыб на различных этапах их жизни мы располагаем лишь отрывочными данными, нуждающимися в дальнейшей проверке и уточнении, то весовой рост рыб изучен значительно лучше, несмотря на то что до недавнего времени в основном изучали линейный рост рыб, а изучению весового роста не уделяли достаточно внимания. Количественные закономерности весового роста рыб довольно четко выявляются при анализе трех показателей роста***, изо-

* Условия расширенного воспроизводства стада рыб подробно освещены в работах Л. С. Бердичевского [3, 4, 5].

** В. М. Наумов [10] говорит о так называемом «коэффициенте биологической и хозяйственной целесообразности вылова», имея в виду возраст рыбы.

*** Методика изучения количественных закономерностей рассмотрена в предыдущей работе [1].

браженных на рис. 1. В данном случае за исходную взята кривая весового роста рыб Бергаланфи [16, 17], имеющая уравнение:

$$v_t = V_\infty (1 - l^{-\kappa(t-t_0)})^3, \quad (1)$$

где t — возраст рыбы;

v_t — вес рыбы в возрасте t ;

V_∞ — предельный вес рыбы;

κ — коэффициент Бергаланфи.

Первая производная от этой кривой (кривая приростов) представляет собой одновершинную кривую. В действительности кривые, характеризующие весовой рост рыб, редко имеют такую правильную форму. Так, у исследованных нами видов проходных лососей — кижуча (*Oncorhynchus kisutch* (Walbaum)), атлантического лосося (*Salmo salar* Linné), кумжи (*Salmo trutta trutta* Linné) и осетровых — калуги (*Huso dauricus* (Georgi)), амурского осетра (*Acipenser schrencki* (Brandt)) и сахалинского осетра (*Acipenser medirostris* Ayres) кривые приростов никогда не были одновершинными, что отражало различные условия их существования в реке и в море.

Можно было бы предположить, что число максимумов весовых приростов соответствует числу переходов рыб к новым способам питания, но такое предположение требует проверки и подтверждения фактическими данными.

В каждый данный момент весовой рост рыб также наиболее полно характеризуется тремя показателями: достигнутым в данный момент весом — v ; мгновенной скоростью весового роста — \bar{S} и мгновенным ускорением весового роста — ω . Под мгновенной скоростью весового роста подразумевается предел, к которому стремится средняя скорость весового роста \bar{S} при бесконечном убывании промежутка времени Δt , за который она определяется. Аналогично этому под мгновенным ускорением весового роста подразумевается предел, к которому стремится среднее ускорение весового роста $\bar{\omega}$ при бесконечном убывании того промежутка времени, за который оно определяется. Следовательно:

$$\omega = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} (\bar{\omega}) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta S}{\Delta t} \right) = \frac{dS}{dt}$$

и так как

$$S = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} (\bar{S}) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta v}{\Delta t} \right) = \frac{dv}{dt},$$

то

$$\omega = \frac{d^2v}{dt^2}.$$

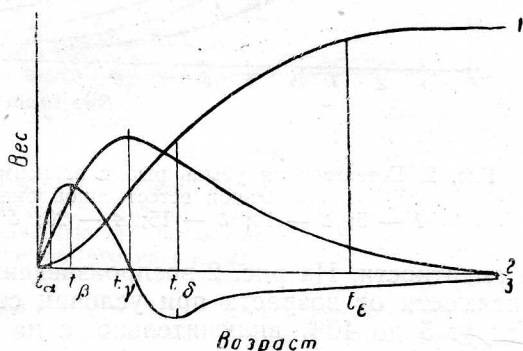


Рис. 1. Схема роста рыб:
1 — кривая роста; 2 — кривая прироста;
3 — кривая ускорения роста.
Горизонтальный масштаб = 1 : m ; вертикальные масштабы: 1—1 : n ; 2—1 : $n/5$; 3—1 : $n/10$.

Выявление основных количественных закономерностей весового роста рыб позволяет легко рассчитать, в каком возрасте генерация достигает наибольшей биомассы при различных коэффициентах естествен-

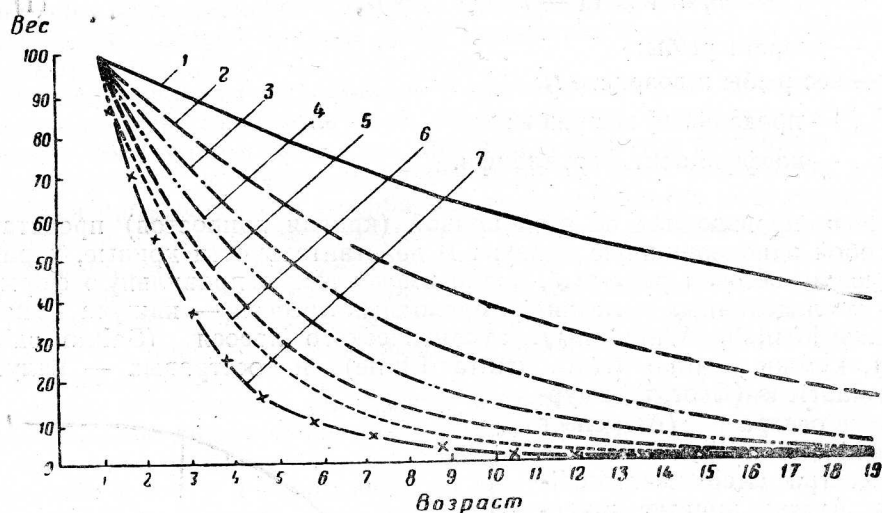


Рис. 2. Естественная убыль рыб в зависимости от возраста при условии стабильной естественной смертности (в %):
1 — 5; 2 — 10; 3 — 15; 4 — 20; 5 — 25; 6 — 30; 7 — 40.

ной смертности. На рис. 2 воспроизведены семь графиков убыли рыб в зависимости от возраста при условии стабильной естественной смертности от 5 до 40% включительно, а на рисунках 3 и 4 представлены (в условных весовых единицах) результаты расчетов изменения биомассы генерации азовского леща* (*Abramis brama* (Linné)), в зависи-

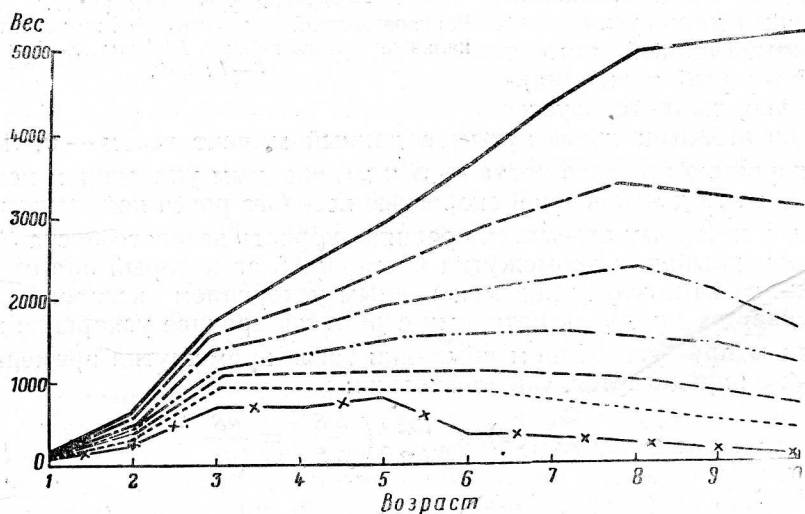


Рис. 3. Изменение биомассы генерации азовского леща (в условных единицах) в зависимости от возраста и естественной убыли (в %) при условии стабильной естественной смертности (условные обозначения те же, что на рис. 2).

* Данные о весовом росте рыб азовского бассейна заимствованы из материалов Азовского научно-исследовательского института рыбного хозяйства (АзНИИРХ).

мости от весового роста и естественной смертности: в первом случае — при условии стабильной естественной смертности, а во втором — при условии естественной смертности, возрастающей с восьмилетнего возраста на 5% в год. В двух рассматриваемых вариантах максимумы

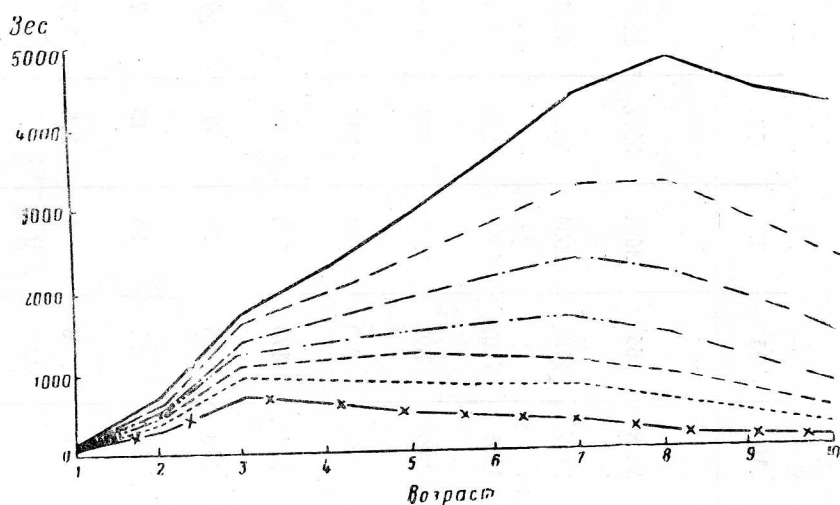


Рис. 4. Изменение биомассы поколения азовского леща (в условных единицах) в зависимости от возраста и естественной убыли (в %) при условии естественной смертности, возрастающей с восьмилетнего возраста на 5% (условные обозначения те же, что на рис. 2).

биомассы совпадают, за исключением случая, когда естественная смертность равна 5%. Очевидно, что в данном случае увеличение естественной смертности, начиная с восьмилетнего возраста, на 5% и более не переместит максимумы биомассы азовского леща, приходящиеся на возрасты моложе восьми лет.

В табл. 1 и 2 представлены результаты аналогичных расчетов изменения биомассы поколения тарани (*Rutilus rutilus heckeli* (Nordmann))

Таблица 1

Изменение биомассы поколения тарани (в условных весовых единицах) в зависимости от возраста и естественной убыли (в %) при условии стабильной естественной смертности

Естественная смертность	В о з р а с т							
	1	2	3	4	5	6	7	8
5	100	475	1009	10683	2422	3129	3583	4481
10	100	450	906	1432	1952	2388	2592	3073
15	100	425	809	1208	1556	1801	1845	2064
20	100	400	716	1006	1220	1328	1279	1350
25	100	375	630	829	943	963	874	861
30	100	350	548	674	714	680	576	534
35	100	325	473	540	533	470	366	315
40	100	300	403	424	387	316	229	180
50	100	251	280	245	185	125	78	51

и донского судака (*Lucioperca lucioperca* (Linne)) и выявлены возрасты, на которые приходятся максимумы биомассы поколений. Подобные расчеты можно выполнить для любой заданной не только постоянной, но и переменной величины естественной смертности.

Таблица 2

Изменение биомассы генерации донского судака (в условных весовых единицах) в зависимости от возраста и естественной убыли при условии стабильной естественной смертности

Естественная смертность %	В о з р а с т														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
5	100	594	902	1285	1831	2512	3303	3485	3393	3538	3663	3692	3577	3719	365
10	100	562	810	1093	1476	1917	2389	2390	2204	2177	2131	2034	1868	1841	1717
15	100	531	723	922	1177	1446	1701	1605	1399	1305	1207	1085	941	877	772
20	100	500	640	768	922	1066	1179	1050	912	799	698	591	484	420	345
25	100	469	563	633	713	773	805	670	518	427	349	279	212	174	135
30	100	437	490	514	540	546	531	415	297	231	178	130	93	72	52
35	100	406	423	412	403	377	337	245	164	118	86	58	40	29	22
40	100	375	360	324	292	253	211	140	87	56	37	26	13	7	4
50	100	312	250	187	139	101	72	40	20	11	6	4	2,5	1,7	0,8

В последнем случае, рассматривая эти расчеты как экстремальные, так как они направлены на поиски максимума биомассы генерации, следует воспользоваться методом Бокса и Уильсона [20], который поз-

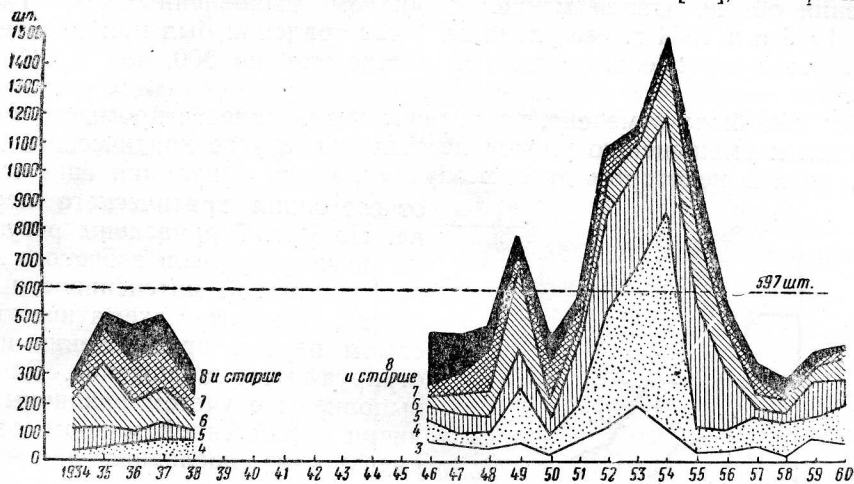


Рис. 5. Улов (в штуках) трески Баренцева моря по возрастным группам за 1 час траления.

воляет кратчайшим путем определить ту область «поверхности отклика»*, где лежит экстремальное значение интересующей нас величины.

Возраст, при котором рыбы, подлежащие изъятию из водоема без ущерба для воспроизводства популяции, составляют максимальную биомассу, определяет рациональную интенсивность промысла. Под рацио-

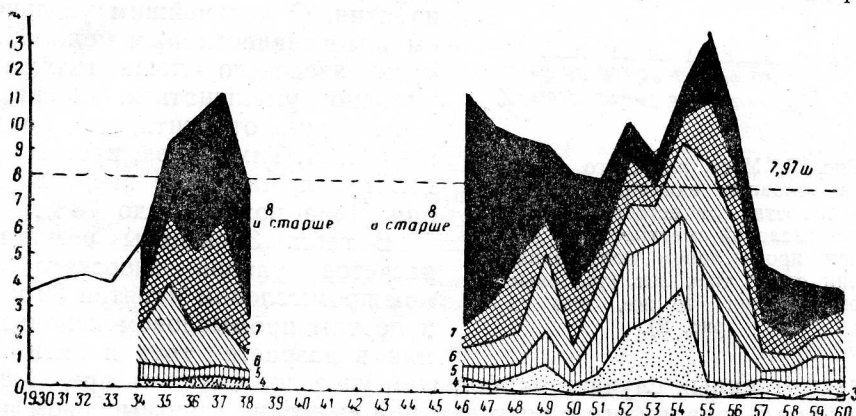


Рис. 6. Улов (в весовых единицах) трески Баренцева моря по возрастным группам за 1 час траления.

нальной интенсивностью промысла я понимаю интенсивность промысла, необходимую и достаточную для получения рационального улова. Определение понятия рационального улова дано выше.

Возраст промыслового использования рыб оказывает существенное влияние не только на величину общего улова, но и на величину улова на единицу промыслового усилия, из которого обычно исходят при определении состояния запасов рыб. На рис. 5 и 6 показан улов (в штуках

* Поверхность, описываемая функцией отклика $\eta = \varphi(x_1, x_2, \dots, x_n)$, где η — некоторая интересующая нас величина, а x_1, x_2, \dots, x_n — независимые переменные, варьируемые в процессе расчетов.

и весовых единицах) рыб различных возрастных групп. Из сопоставления графиков, изображенных на рисунках 5 и 6, видно, что в периоды более рационального ведения промысла больший вес улова за 1 час траления обеспечивался меньшим числом выловленных рыб. Так, в 1937, 1946 и в 1954 г. вес улова за 1 час траления был приблизительно одинаковым, но обеспечивался он соответственно 500, 450 и 1475 рыбами.

Как уже было отмечено, увеличение интенсивности промысла может привести к уменьшению уловов не только в случае критического перелома, но и в некоторых других случаях, когда популяция еще далека

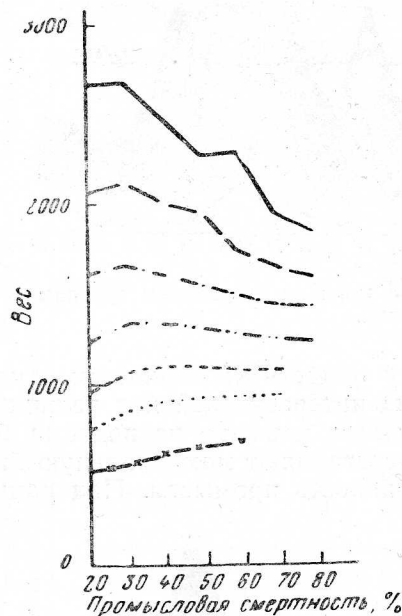


Рис. 7. Улов азовского леща (в условных единицах) в зависимости от естественной и промысловой смертности (в %) при промысловом использовании его с трех лет (условные обозначения те же, что на рис. 2).

от состояния критического перелома. На рис. 7 приведены результаты расчетов уловов азовского леща при различной интенсивности промысла, которые схематически, в самом первом приближении иллюстрируют это положение. Расчеты выполнены с учетом различных величин естественной и промысловой смертности (последняя рассматривалась как функция интенсивности промысла).

Графики, приведенные на рисунке 7, показывают, что при промысловом использовании рыб с трех лет и естественной смертности от 5 до 20% включительно наибольший улов азовского леща будет при 30% ежегодного промыслового изъятия. С дальнейшим увеличением интенсивности промысла общий улов азовского леща должен неуклонно уменьшаться. В связи с этим важно отметить, что, по данным И. Н. Тимофеева, промысловое изъятие леща после зарегулирования Дона возросло до 78%.

В табл. 3 сведены результаты расчетов уловов азовского леща при промысловом изъятии 30 и 40% и первом промысловом использовании в возрасте трех и пяти лет.

Из рассмотренных случаев наибольший улов должен быть при промысловом использовании его с пяти лет при ежегодном промысловом изъятии, равном 40% в случае естественной смертности, не превышающей 15%*.

При естественной смертности 20% наибольший улов будет при начале промыслового использования азовского леща в трехлетнем возрасте и промысловом изъятии 30%*. Если естественная смертность азовского леща превышает 20%, то наибольшие уловы в рассмотренных случаях обеспечиваются при промысловом использовании его с трех лет и интенсивности промысла 40%.

Аналогичное явление наблюдается и у тарани. В табл. 4 приведено сравнение относительной величины уловов тарани при промысловом

* Здесь следует еще раз подчеркнуть, что речь идет лишь об интенсивности вылова той части рыб, которая может быть изъята из водоема без ущерба для воспроизводства популяции.

изъятии 30 и 40% и при первом промысловом использовании в возрасте трех и пяти лет.

Из рассмотренных случаев наибольший улов тарани должен быть при промысловом использовании ее с пяти лет, ежегодном промысло-

Таблица 3
Улов азовского леща (в условных весовых единицах) в зависимости от возраста первого промыслового использования, естественной и промысловой смертности

Естественная смертность, %	Возраст первого промыслового использования			
	три года		пять лет	
	Промысловая смертность, %			
	30	40	30	40
5	2694,11	2497,34	3508,32	3575,48
10	2115,69	2019,31	2343,04	2411,66
15	1674,18	1629,95	1636,58	1705,87
20	1338,33	1335,23	1132,43	1191,55
25	1078,79	1103,31	774,72	827,16
30	877,33	923,26	523,10	565,93
35	716,96	764,39	350,60	374,73
40	588,44	640,25	229,51	255,61
50	400,18	448,56	89,86	104,85

вом изъятии 40% и естественной смертности, превышающей 20%. При естественной смертности более 20% наибольший улов тарани будет при промысловом использовании ее с трех лет и интенсивности промысла 40%.

Следует иметь в виду, что приводимые расчеты условны и схематичны, так как в них принимается, например, что естественная смер-

Таблица 4
Улов тарани (в условных весовых единицах) в зависимости от возраста первого промыслового использования естественной и промысловой смертности

Естественная смертность, %	Возраст первого промыслового использования			
	три года		пять лет	
	Промысловая смертность, %			
	30	40	30	40
5	1819,35	1727,07	2425,52	2655,83
10	1451,41	1369,44	1683,04	1843,06
15	1157,80	1103,13	1256,40	1333,24
20	913,18	906,06	864,50	927,17
25	724,46	735,91	606,40	667,47
30	594,70	604,49	416,55	460,98
35	477,85	489,58	282,91	314,57
40	385,42	401,69	186,93	212,67

ность — величина постоянная, а вылов — неселективный. Принятие естественной смертности за величину переменную не многим усложнило бы расчеты, но, к сожалению, мы пока не располагаем надежными данными об изменении естественной смертности азовского леща и тарани по возрастным группам.

По расчетам рабочей группы Международного Совета по изучению морей коэффициент естественной смертности трески (*Gadus morhua* Linné) равен 0,2—0,3, а коэффициент промысловой смертности — 0,7—1. На основании этих данных построены графики, изображенные на рис. 8. Метод построения подобных графиков удачно изложен в книге С. Беннета и Н. Франклина «Статистический анализ в химии и химической промышленности» [15].

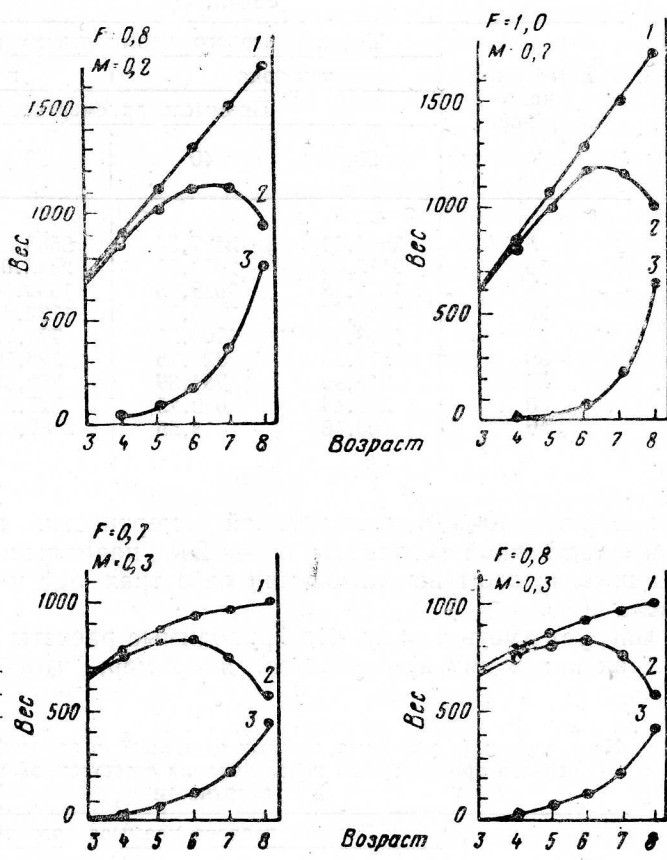


Рис. 8. Изменение уловов трески в зависимости от года первого промыслового использования:
1 — общий улов; 2 — улов неполовозрелой рыбы; 3 — улов половозрелой рыбы.

Эти графики показывают изменение уловов неполовозрелой и половозрелой рыбы, а также общего улова в зависимости от года первого промыслового использования. Как видно из рисунка, общий улов трески увеличивается в основном за счет увеличения улова половозрелых рыб при снижении улова неполовозрелых только с шестилетнего возраста.

Для того чтобы перейти от условных и схематических примеров к расчетам фактических процессов и построению математических моделей, эквивалентных реальным процессам, необходимо наряду с дальнейшим углубленным изучением всего многообразия биологических особенностей популяции* упорядочить статистику промысла, ввести унификацию обязательного комплекса биологических наблюдений в водоеме и стандартизировать представление первичных научных данных [19, 21].

* Подробно освещено в трудах Г. В. Никольского [11, 12 и др.].

За последние годы накоплен огромный фактический материал, характеризующий динамику популяций многих видов рыб.

К сожалению, большая распыленность ценнейших первичных данных во многих сотнях и тысячах научных статей и рукописей, хранящихся в архивах научно-исследовательских институтов, промразведке и рыбоохранных организациях, существенно затрудняет их дальнейшую обработку статистическими методами и значительная часть первичных данных оказывается практически недоступной широкому кругу исследователей. В связи с этим стандартизация способов представления результатов наблюдений стала необходимой уже на современном уровне свертывания информации [6, 22].

Естественно, что еще большую актуальность эта задача приобретает при машинных способах обработки первичных данных, когда информация будет подвергаться дальнейшему свертыванию.

Огромный фактический материал, накопленный за многие годы при изучении динамики популяций, и неуклонный его рост в будущем вызывает необходимость разработки таких систем документации, которые давали бы возможность легко и быстро получать исчерпывающую информацию по интересующим вопросам. Такая система документации возможна при помощи таблиц в многомерном пространстве с множеством входов. Многомерное представление материала может быть осуществлено при помощи перфорационных карт. Каждую заполненную перфорационную карту можно рассматривать как точку многомерного пространства, свернутую на плоскости. При этом каждая перфорация на плоскости перфорационной карты представляет собой как бы одну координату в многомерном пространстве, а стопа перфорационных карт — множество точек многомерного пространства или таблицу в многомерном пространстве с множеством входов. В биологии перфорационные карты уже теперь применяются больше, чем в какой-либо другой области знаний. Перфорационные карты позволяют не только надежно, компактно и удобно хранить огромную по объему информацию, но и легко и быстро находить нужные данные, обладающие любым набором интересующих нас признаков, а также устанавливать корреляции между этими признаками.

Наибольшее распространение в популяционной рыбной статистике за рубежом получили различные перфокарты с внутренней перфорацией [18]. У нас стандартные перфорационные карты с внутренней перфорацией имеют 80 колонок и 10 горизонтальных рядов, пронумерованных числами от 0 до 10. Над ними расположены еще два непрономерованных ряда, которые также могут перфорироваться.

Сортируют такие карты по заданным признакам специальными машинами со скоростью 250—650 шт./сек. Однако из существующих типов перфокарт наиболее удобны для нужд популяционной статистики, на наш взгляд, перфокарты с внешней перфорацией. Информация заносится на перфорационные карты по заранее разработанным кодам путем прорезывания лунок, соединяющих отверстия. Такие карты сортируют или механически, или вручную специальными спицами, при помощи которых из общей стопы карт извлекают перфокарты с определенным сочетанием вырезанных лунок. Механизация этого процесса позволяет увеличить скорость сортировки до 20 тыс. шт./час. На перфорационные карты с внешней перфорацией, кроме кодированной информации, можно наносить также некодированный текст, графики и рисунки.

Унификация методов наблюдений, обработки и представления первичных данных, а также переход на новые способы информации открывают широкие перспективы успешному применению методов математической статистики в исследованиях динамики популяции. Следует подчеркнуть, что эти методы ныне необходимы не только и не

столько для сжатого количественного описания биологических явлений и для оценки надежности результатов наблюдений, сколько для глубокого проникновения в те сложные связи между явлениями, которые не могут быть достаточно полно раскрыты иными методами исследования.

Долгое время среди многих биологов существовало неверное мнение, будто в биологии невозможно в полной мере использовать математику ввиду большой сложности и многообразия биологических явлений, но именно большая сложность и многообразие биологических явлений и диктует необходимость применить достаточно совершенный математический аппарат для выявления количественных связей и отношений. Конечно, далеко не все разделы современной математики могут быть с равным успехом использованы в биологии вообще и при изучении динамики популяции в частности. Так как популяцию составляет огромное число особей, индивидуальные сведения о которых минимальны, то, естественно, нельзя ограничиться аппаратом дифференциальных уравнений. Вряд ли можно сомневаться в том, что в математическом аппарате популяционной статистики будущее принадлежит учению о предельных теоремах теории вероятностей, которые, по-видимому, составят аналитическую базу расчетных формул динамики популяции. Уместно отметить, что это учение было создано и развивается в основном отечественными математиками [8, 14].

До недавнего времени роль математики в изучении динамики популяции сводилась исключительно к обработке результатов наблюдений. Теперь роль математики здесь значительно расширилась. Математика как бы стала «поставщиком» абстрактных моделей биологических процессов. К сожалению, многие математические модели, применяемые ныне при изучении динамики популяции, оставляют желать много лучшего, так как подчас не эквивалентны реальным процессам, страдают излишним механицизмом. Объясняется это не только недостаточной изученностью биологических объектов и отсутствием необходимых статистических данных, как это утверждают некоторые исследователи, но и недостаточным совершенством применяемого для этого математического аппарата. Нельзя не согласиться с Б. В. Гнеденко [7] в том, что современная математика развивалась под преимущественным влиянием физики и техники и поэтому применять математику в биологии следует с обязательным учетом особенностей биологических объектов исследования. Даже такое казалось бы чрезвычайно общее понятие, как понятие вероятности, требует особого уточнения применительно к особенностям биологических объектов исследований. Вероятности, рассматриваемые в биологии, — это вероятности результатов взаимодействия организма и среды; они характеризуют потенциальные возможности организма так или иначе реагировать на определенные условия среды и могут быть правильно поняты только на основе представлений о диалектическом единстве организма и среды*.

При изучении динамики популяции нельзя не учитывать наличия у многих биологических величин дискретного характера множества возможных значений биологических величин. Это заставляет в известных случаях вместо обычных, например для классической механики, интегралов пользоваться конечными суммами или бесконечными рядами. Существенный отпечаток на математический аппарат динамики популяции накладывает и проблема, связанная с репрезентативностью средних значений. Решение этой проблемы требует значительного повышения точности остаточных членов в используемых предельных теоремах теории вероятностей. в сравнении с точностью, которая требуется для простой оценки средних значений [2].

* Сравните с определением вероятности в квантовой механике [13].

В заключение следует подчеркнуть, что построение любой математической модели популяции должно опираться на глубокое знание биологических закономерностей. Только в этом случае модель может адекватно отобразить процессы, протекающие в популяции. Без знания этих закономерностей моделирование не может принести ожидаемых результатов, ибо всякая математическая модель предполагает определенную, заранее данную систему общих идей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абакумов В. А. Методика изучения динамики весового и линейного прироста рыб. Тр. совещ. ихтиолог. комиссии АН СССР. Вып. 13, М., 1961
2. Абакумов В. А. Черты сходства в математическом аппарате квантовой механики и динамики численности популяций животных. Тезисы докладов на совещ. молодых ученых. ВНИРО. М., 1963.
3. Бердичевский Л. С. Охрана запасов ценных промысловых рыб Каспийского бассейна. «Природа» № 10, 1958.
4. Бердичевский Л. С. Биологические принципы регулирования северо-каспийского рыболовства. «Зоол. журн.». Т. 38. Вып. 1, 1959.
5. Бердичевский Л. С. Биологические основы рационального ведения рыболовства. Тр. совещ. ихтиолог. комиссии АН СССР. Вып. 13, М., 1961.
6. Влэдуч Г. Э., Налимов В. В. и Стяжкин Н. И. Научная и техническая информация как одна из задач кибернетики. Успехи физических наук. Т. 69, № 4, 1959.
7. Гнеденко Б. В. О роли математических методов в биологических исследованиях. Вопр. философии. Вып. 1, 1959.
8. Гнеденко Б. В. и Колмогоров А. Н. Предельные распределения для сумм независимых случайных величин. М., 1960.
9. Земская К. А. О влиянии нагула и численности производителей на величину потомства каспийского леща. Тр. совещ. ихтиолог. комиссии АН СССР. Вып. 13, М., 1961.
10. Наумов В. М. О регулировании промысла лосося и леща в бассейне Балтийского моря. Аннотации к работам, выполненным Всесоюзным научно-исследовательским институтом морского рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО) в 1956 г. Сб. статей. Изд-во журн. «Рыбное хозяйство», М., 1958.
11. Никольский Г. В. О причинах флуктуаций численности рыб. Вопр. ихтиол. Т. 1. Вып. 4 (21), 1961.
12. Никольский Г. В. О биологических основах регулирования рыболовства. Сб. докладов на 2-м пленуме комиссии по рыбхоз. исслед. западной части Тихого океана, 1962.
13. Фок В. А. Об интерпретации квантовой механики. Философские проблемы современного естествознания. Тр. Всесоюзн. совещ. по философским вопросам естествознания. М., 1959.
14. Хинчин А. Я. Частотная теория Р. Мизеса и современные идеи теории вероятностей. Вопр. философии. Вып. 1, 1961.
15. Bennett G. & Franklin N. L. Statistical analysis in chemistry and the chemical industry. N. L., John Wiley and Sons, Inc., London, Chapman and Hall. 1954.
16. Bertalanffi L. A Quantitative Theory of Organic Growth (Inquiries on Growth Laws; II). Human Biology, Vol. 10, Nr 2, 1938.
17. Bertalanffi L. Problems of organic growth. Nature, Vol. 163, 1949.
18. Beverton R. & Holt S. On the Dynamics of Exploited Fish Populations. Fish. Invest., S. II, Vol. 20, 1957.
19. Davies O. L. (Ed). The design and analysis of industrial experiments. Imperial chemical Industries. Oliver and Boyd, London 1956.
20. Cochran W. G. & Cox G. M. Experimental designs. N. I. John Wiley and Sons, Inc., London Chapman and Hall. 1957.
21. Chew V. (Ed.). Experimental designs in industry, ibid. 1958.
22. Fisher K. A. Statistical information. An Information Theory in Biology, ed. by H. Quastler. University of Illinois Press, Urbana, 1953.

SOME PROBLEM ASSOCIATED WITH THE ESTIMATION OF THE RATIONAL
FISHING INTENSITY

by V. A. Abakumov

SUMMARY

The age of fish in the rational fishery is governed by two oppositely directed processes — natural mortality and individual growth in weight. The concept of the natural mortality in the fishing theory needs a further differentiation, i. e. natural mortality due to predation and biological natural mortality as an old age sequence. The quantitative regularities of the fish growth in weight are fairly distinctly exposed by the analysis of three indices of growth plotted in Fig. 1: curve of growth, curve of growth rate, and curve of growth acceleration.

The heaviest biomass is constituted by fishes at such an age when they are subject to fishing, the reproduction of the population suffering no losses. This is that governs the rational fishing intensity.

Extensive actual material collected for a period of many years of studying dynamics of populations and its steady increase in future necessitates to work out such documentary systems which would enable us to get comprehensive information on the problem concerned easily and promptly as well as to ascertain correlations among different signs. It is by means of tables in the multi-dimensional space with a multitude of entrances that such a system can be introduced. The multi-dimensional pattern can be achieved with the help of punch cards.

The development of any mathematical model of the population should be supported by comprehensive knowledge of biological regularities; only in this case can the model adequately reflect processes inherent in the population. Otherwise no desirable results can be achieved in modelling, since any mathematical model suggests a definite system of common ideas given in good time.
