

## ДИСКУССИИ

УДК 639.2.05

# НАХОЖДЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ИЗЪЯТИЯ ДЛЯ ПОПУЛЯЦИЙ РЫБ, ДОСТИГШИХ КРИТИЧЕСКИХ ЗНАЧЕНИЙ БИОМАССЫ ПРОМЫСЛОВОГО ЗАПАСА

© 2016 г. Е.В. Куликов, К.Б. Исбеков, С.Ж. Асылбекова

Казахский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства,  
Алматы, Республика Казахстан, 050016

E-mail: e.v.kulikov.61@mail.ru

Поступила в редакцию 26.02.2016 г.

Статья посвящена нахождению коэффициентов изъятия для популяций рыб с подорванными запасами либо при приближении популяции к критическим значениям биомассы. Использованы рекомендации Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций (ФАО), модернизированы известные способы нахождения коэффициентов изъятия. Приведены примеры расчета коэффициентов изъятия рыб разными способами.

**Ключевые слова:** рыболовство, критические значения биомассы, предосторожный подход, коэффициенты изъятия, общий допустимый улов.

## ВВЕДЕНИЕ

К настоящему времени предосторожный подход в качестве основы рыболовной политики принят всеми ведущими международными рыбохозяйственными организациями. Общий допустимый улов (лимит вылова) устанавливается в зависимости от величины нерестового (промышленного) запаса при помощи коэффициентов изъятия, предложенных Тюриным (1974) и Малкиным (1997, 1999). Бабаян (2000, 2004) показал, что при стабильном состоянии запасов нерестовый запас остается достаточным (оставшаяся после промысла биомасса выше граничного ориентира по нерестовой биомассе), при сокращающихся запасах применение тех же коэффициентов приводит к перелову (оставшаяся биомасса ниже граничного ориентира). Необходимо рассчитать, каковы должны быть коэффициенты изъятия при сокращающихся запасах. При этом мы принимаем, что граничный коэффициент промышленного изъятия — рекомендуемая доля промышленного запаса рыб, разрешенных к вылову (в долях единицы), в случае прибли-

жения к граничным ориентирам состояния запаса (критической биомассе).

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материалом для данной работы послужили исследования по прогнозным рыбосыревым тематикам, проводимые авторами на крупных рыбопромысловых водоемах Республики Казахстан — озерах Балхаш, Зайсан и Бухтарминском водохранилище — в течение 2003–2015 гг. Использованы материалы прямого учета численности рыб по результатам сетных и неводных съемок по методике ВНИИПРХ (Сечин, 1990). Коэффициенты смертности рассчитывали по Тюрину (1974), Малкину (1997, 1999) и оригинальному методу, предложенному авторами.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций (ФАО) рекомендует: если гранич-

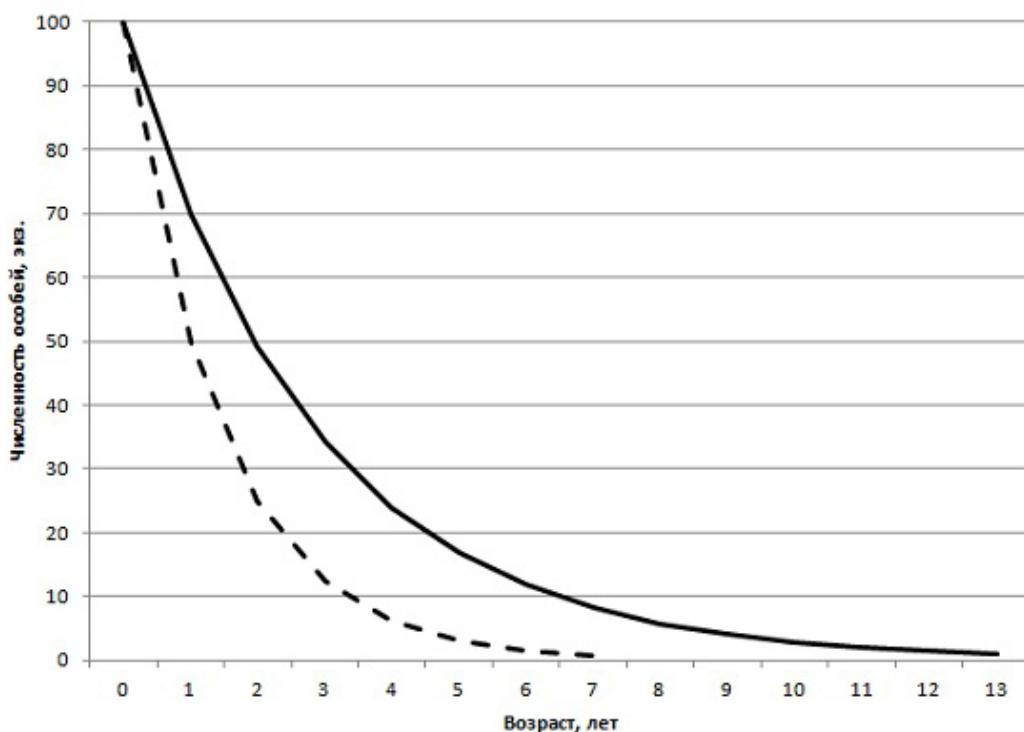
ные ориентиры состояния запаса по биологическим показателям рыб при многовидовом промысле пройдены, промысловая смертность  $F$  не должна превышать мгновенный коэффициент естественной смертности  $M$  в два раза:  $F \leq 2M$  (Stock ..., 2006). Если граничные ориентиры достигнуты, но не пройдены, тогда установить  $F = M$  (т.е промысловая смертность равна естественной).

Считая, что мгновенные коэффициенты смертности являются чисто математическими понятиями, имеющими слабый биологический смысл, и используя концепцию репродуктивной разнокачественности популяций Малкина и тезис Тюрина о необходимости равенства коэффициентов промысловой и естественной смертности, модернизируем это условие таким образом: если граничные ориентиры (критическая биомасса) достигнуты, промысловая смертность (иначе — коэффициент изъятия  $F$ ) устанавливается в  $1/2$  общей смертности  $Z$  (годовой убыли) —  $Z = 2F$ .

В зависимости от предельного возраста  $T$  общая смертность рыб будет разной у разных видов. Обычно считается, что естественная смертность рыб минимальна в возрасте полового созревания, затем рассчитываются коэффициенты смертности у рыб других возрастов (Зыков, 1986). Нас интересуют естественной смертности в данном случае не интересуют. Примем, что общая смертность рыб одинакова во всех возрастах. Формула имеет вид:  $N = ae^{-bt}$ .

Экспоненциальная кривая выживания в этом случае различна для разного значения  $Z$ , но не достигает нуля при любых значениях общей смертности. У короткоциклических видов общая смертность выше и кривая быстрее приближается к оси абсцисс, у среднециклических — медленнее. При  $Z = 0,5$  и  $Z = 0,3$  получается следующее (рисунок).

Нужно ограничить кривую по оси ординат (минимальное значение численности)



Динамика численности популяции разных возрастных групп при разных коэффициентах общей смертности  $Z$ : (—) — 0,3, (---) — 0,5.

определенным значением. В математике способов нахождения точки обрыва (да и самой точки обрыва) экспоненты не существует. В реальной жизни существует пример экспоненциального роста численности бактерий, который обрывается, когда исчерпываются доступные кормовые ресурсы. У рыб точкой обрыва будет реальная смерть самой старшей особи в популяции.

По опыту определения численности особи наиболее старшего возраста составляют менее 1% от первоначальной численности. Биологический смысл данного ограничения следующий. В генеральной совокупности (популяция, стадо) предельным возрастом рыбы должен считаться тот, когда в популяции остается всего одна рыба максимального возраста. Но в реальности так не бывает: может быть одна особь, а может и 1000 экземпляров максимального возраста, которые все умрут или будут выловлены в один и тот же год. Мы имеем дело не с генеральной совокупностью, а с нашей выборкой рыб из нее, а она меньше генеральной совокупности в тысячи раз, поэтому наши шансы найти одну самую старую рыбу очень малы.

Рассмотрим виртуальную популяцию, которая будет аналогом нашей выборки. При наличии виртуальной популяции рыб первоначальной численностью 100 особей с коэффициентом годовой убыли 50% (т.е. 0,5) через год в ней останется 50 особей, через 7 лет — 0,8 особи, но в природе существование менее одной целой особи невозможно, наименьшей возможной численностью является одна целая особь, поэтому для данного случая предельный возраст рыбы составляет 7 лет. При  $Z = 0,3$  (коэффициент годовой убыли 30%) предельный возраст рыб составит  $T = 13$ . И так далее. Формулы имеют вид:  $N_{t_0} = 100$ ,  $N_t \approx 1$ ,  $N_{t+1} = (1 - Z)N_t$ . Ограничим  $N_T \approx 0,01 N_0$ , т.е. 1% от первоначальной численности в возрасте условно 0+. Теперь можно по максимальному возрасту рыб, встречающихся в уловах  $T$ , находить нужное значение общей смертности  $Z$ .

При достижении критических значений состояния запаса (границных ориентиров) или приближении к ним устанавливаем  $Z = 2F$ ,  $F = 1/2 Z$ .

При  $T = 0$  численность максимальная — 1,0 (100%). При  $T = 7$  для короткоциклических видов она падает до величины < 1% (0,008) от первоначальной (условного нуля) при достижении предельного возраста 7 лет. При этом  $T = 7$ ,  $Z = 0,5$ ,  $F = 0,25$ . Коэффициент промысловой смертности (изъятия)  $F_{lim}$  при достижении граничных ориентиров надо установить равным 0,25.

При  $T = 13$  для среднеколебательных видов численность падает < 1% (0,0098) в возрасте 13 лет:  $T = 13$ ,  $Z = 0,3$ ,  $F = 0,15$ . При этом надо установить коэффициент изъятия  $F_{lim}$  равным 0,15. И так далее.

Ниже произведены расчеты теоретических значений предельного возраста рыб при различных значениях  $Z$  и при условии, что минимальная численность рыб составляет около 0,01 (1%) и построена вспомогательная решетка (табл. 1).

При необходимости в нее можно добавлять любые значения  $Z$  от 0 до 1. Также приводится вспомогательная таблица для расчета коэффициента изъятия по предельному возрасту рыб в уловах (табл. 2).

Данный подход, в принципе, схож с концепцией неоднородности популяций Малкина (1997) (табл. 3), но мы ведем расчеты, не беря за основу возраст созревания самок и предельный возраст (как у Малкина, что более применимо к слабооблавливаемым популяциям, когда рыба после достижения созревания еще долго живет), а только исходя из предельного возраста рыб в популяции, что более обосновано для интенсивно облавливаемых популяций, где рыбе, достигшей полового созревания, долго жить не дадут, ее выловят. Из практики изучения динамики численности сверхэксплуатируемых популяций рыб мы можем оспорить вывод Малкина о том, что «мы никогда не сталкиваемся с популяциями, созревающими, скажем, в 5 и погибающими в 6, 7 или 8 лет» (Малкин, 1997. С. 23).

**Таблица 1.** Численность популяции рыб, рассчитанная с помощью коэффициента общей смертности (годовой убыли) в значениях от 0 до 1

Возраст, лет	Коэффициент годовой убыли $Z$									
	0,275	0,300	0,325	0,350	0,375	0,400	0,450	0,500	0,550	0,600
0+	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0,725	0,700	0,675	0,650	0,625	0,600	0,550	0,500	0,450	0,400
2	0,526	0,490	0,456	0,423	0,391	0,360	0,303	0,250	0,203	0,160
3	0,381	0,343	0,308	0,275	0,244	0,216	0,166	0,125	0,091	0,064
4	0,276	0,240	0,208	0,179	0,153	0,130	0,092	0,063	0,041	0,026
5	0,200	0,168	0,140	0,116	0,095	0,078	0,050	0,031	0,018	0,010
6	0,145	0,118	0,095	0,075	0,059	0,047	0,028	0,016	0,008	
7	0,105	0,082	0,064	0,049	0,037	0,028	0,015	0,008		
8	0,076	0,057	0,043	0,032	0,023	0,017	0,008			
9	0,055	0,040	0,029	0,021	0,014	0,010				
10	0,040	0,028	0,020	0,013	0,009					
11	0,029	0,020	0,013	0,009						
12	0,021	0,014	0,009							
13	0,015	0,010								
14	0,011									

**Таблица 2.** Коэффициенты общей смертности (годовой убыли) и рекомендуемые коэффициенты изъятия при достижении граничных ориентиров (критической биомассы популяции) в зависимости от предельного возраста рыб в уловах

Коэффициент	T (максимальный возраст в уловах)									
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$Z$	0,600	0,550	0,500	0,450	0,400	0,375	0,350	0,325	0,300	0,275
$F$	0,300	0,275	0,250	0,225	0,200	0,188	0,175	0,163	0,150	0,138

Таким образом, следуя рекомендациям ФАО, возможно установить следующий порядок расчета коэффициентов изъятия при определении общего допустимого улова рыб или лимита вылова. При стабильном состоянии популяции расчет ведется в соответствии с общепринятыми методами, при этом используются методы Тюрина (1974), Зыкова (1986), концепция неоднородности популяций Малкина (1997, 1999) и другие.

При угрожающем состоянии запасов применяется формула  $Z = 2F$ , т.е. коэффициент изъятия устанавливается в 0,5 от коэффициента общей смертности. При достижении критической биомассы запаса по ключевым видам в промысле (доминирующие виды, коммерчески ценные виды) принимаются управление решения вплоть до запрета промысла рыбы на водоеме. Данные контроля биологических показателей рыб не принимаются во

**Таблица 3.** Расчет теоретически возможных значений биологически допустимых объемов изъятия из запаса в зависимости от возраста созревания самок, % (по: Малкин, 1997)

Возраст созревания, лет	Годовой прирост численности, %	Допустимое годовое изъятие из запаса, %
1	59,2	49,6
2	44,9	37,6
3	37,1	<b>31,1</b>
4	31,8	26,6
5	27,9	23,4
6	24,7	20,7
7	22,2	18,6
8	19,9	16,7
9	18,0	15,1
10	16,4	13,7
11	15,0	12,6
12	13,5	11,3
13	12,5	10,5
14	11,2	9,4
15	10,2	8,6
16	9,1	7,6
17	8,4	7,0
18	7,4	6,2

**Примечание:** полужирным шрифтом выделена исходная расчетная цифра.

внимание по малооцененным и чужеродным видам рыб, для которых необходимо увеличение изъятия.

Сравним полученные нами коэффициенты изъятия для подорванных (в критическом состоянии) запасов с предлагаемыми Тюриным и Малкиным (напомним, что, по мнению Бабаяна (2000, 2004), применение данных коэффициентов изъятия все равно приводит к перелову).

По Тюрину (1974), при массовом половом созревании рыб в возрасте 4 лет необходимо установить коэффициент изъятия, равный коэффициенту естественной смертности в этом возрасте:  $F = M = 0,24$ . По Тюрину (1974), допустимый коэффициент изъятия для среднециклических видов составляет 0,22–0,30 (в нашем примере – 0,15–0,20).

По Малкину (1997), в случае созревания рыб в возрасте 4 лет возможное изъятие составляет 26,6% (табл. 3). При этом допустимая годовая доля изъятия для короткоциклических видов, по Малкину, составляет 49,6% (в нашем примере – 30%), для среднециклических – 23,4–26,6% (в нашем примере – 15–20%).

Таким образом, при расчете общего допустимого улова для тех видов рыб, запасы которых приближаются к критическим значениям, необходимо применять изложенную выше концепцию нахождения коэффициентов изъятия по предельному возрасту рыб в уловах (табл. 2).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предлагаемый подход к определению коэффициентов изъятия для видов с критической биомассой полностью укладывается в рекомендации ФАО, а также позволяет обосновать математически и биологически уменьшение коэффициентов изъятия для применения предосторожного подхода к рыболовству при запасах, приближающихся к минимальным критическим значениям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

*Бабаян В.К.* Предосторожный подход к оценке общего допустимого улова (ОДУ). М.: Изд-во ВНИРО, 2000. 192 с.

*Бабаян В.К.* Альтернативные методы оценки рекомендуемой интенсивности промысла при расчете ОДУ // Рыб. хоз-во. 2004. № 4. С. 18–20.

*Зыков А.А.* Метод оценки коэффициентов естественной смертности дифференцированных по возрасту рыб // Сб. науч. трудов. ГосНИОРХ. 1986. Вып. 243. С. 14–22.

*Малкин Е.М.* Репродуктивная и численная изменчивость промысловых популяций рыб: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. М.: ВНИРО, 1997. 49 с.

*Малкин Е.М.* Репродуктивная и численная изменчивость промысловых популяций рыб. М.: Изд-во ВНИРО, 1999. 146 с.

*Сечин Ю.Т.* Методические указания по оценке численности рыб в пресноводных водоемах. М.: ВНИИПРХ, 1990. 52 с.

*Тюрин П.В.* «Нормальные» кривые переживания и темпов естественной смертности рыб как теоретическая основа регулирования рыболовства // Изв. ГосНИОРХ. 1974. Т. 71. С. 71–128.

*Stock assessment for fishery management. A framework guide to the stock assessment tools of the fisheries management science programme // FAO Fish. Tech. Paper. 2006. №487. 263 p.*

FINDING THE COEFFICIENTS OF CATCH LIMITS  
FOR THE FISH POPULATIONS, REACHED THE CRITICAL VALUES  
OF STOCK BIOMASS

© 2016 y. E.V. Kulikov, K.B. Isbekov, S.Gh. Assylbekova

*Kazakh Research Institute of Fisheries, Almaty, Republic of Kazakhstan, 050016*

The article is devoted to finding the coefficients for the withdrawal of fish populations undermined stocks or when approaching the population to the critical values of biomass. Used the recommendations of the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), the modernized known methods of finding withdrawal rates. Examples of calculation of the withdrawal coefficients of fish in different ways.

*Keywords:* fishing, critical values of biomass, the precautionary approach, withdrawal rates, the total allowable catch.