

УДК 597.554.3

## ОЦЕНКА ТЕМПОВ СМЕРТНОСТИ В ПОПУЛЯЦИЯХ ПРОМЫСЛОВЫХ РЫБ КАМСКИХ ВОДОХРАНИЛИЩ

В.Г. Костицын

Пермское отделение ФГБНУ «ГосНИОРХ»,  
Россия, 614002, г. Пермь, ул. Чернышевского, 3  
E-mail: [kostitsyn.vg@gmail.com](mailto:kostitsyn.vg@gmail.com)

Анализируются темпы смертности в популяциях рыб, подверженных многолетнему сетному промыслу. Констатируется влияние промысла на характер возрастного распределения смертности. Сделан вывод о том, что увеличение мгновенного коэффициента общей смертности в последние десятилетия связано с ростом промысловой нагрузки.

*популяция, численность, смертность, селективность, промысел*

### ВВЕДЕНИЕ

Исследование темпов смертности в эксплуатируемых популяциях рыб имеет важное значение для оценки их численности и прогнозирования уловов [1-8 и др.]. В связи с этим является актуальной разработка способов анализа, которые позволили бы получать сведения о процессах, происходящих в промысловом стаде под воздействием рыболовства.

Изложены результаты оценки темпов смертности в популяциях рыб камских водохранилищ, эксплуатируемых на протяжении нескольких десятилетий селективным сетным ловом.

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Исходными данными по оценке темпов смертности рыб послужили размерно-возрастные ряды наблюдений, полученные в ходе исследований на Камском и Воткинском водохранилищах по общепринятым методам [9-11]. Возраст рыб определен преимущественно по чешуе, в ряде случаев для контроля просматривались спилы лучей грудного плавника.

Мгновенные коэффициенты смертности рыб рассчитаны на основе показателей виртуальных численностей, используемых в когортных методах анализа популяций [3, 8, 12-14 и др.]. При этом селективность промысла не учитывалась, в связи с чем мгновенный коэффициент общей смертности, который в данном случае может иметь смещенную оценку, обозначен как  $Z'$ :

$$Z'_{t,x} = \ln(V_{t+1,x+1} / V_{t,x});$$
$$V_{t,x} = C_{t,x} + C_{t+1,x+1} + \dots + C_{u,z},$$

где  $Z'$  – мгновенный коэффициент общей смертности;  $V$  – показатель виртуальной численности рыб;  $C$  – численность рыб в промысловом улове в возрасте  $t$  в год исследований  $x$ . Приводимые коэффициенты смертности рыб в основном характеризуют период с 1979 по 2011 гг.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На Камском и Воткинском водохранилищах промысел рыбы осуществляется с момента их образования (1956 и 1964 г. соответственно), максимальные уловы достигали 737 т в первом водоеме (1960 г.) и 684 т (1988 г.) во втором. Основными орудиями лова как ранее, так и в настоящий период являются ставные жаберные сети. Для лова крупночастиковых видов (лещ, судак, щука, налим, жерех и др.) на том и другом водоеме используются сети с преобладающим размером ячеи 65-70 мм, в меньшей степени используются сети с шагом 60 и 80-100 мм. Для лова так называемых мелкочастиковых рыб (чехонь, синец, плотва, густера, окунь и др.) на Камском водохранилище ранее применялись сети с ячеей от 30 до 36 мм, на Воткинском – от 28 до 34 мм. В последние годы в связи с введением новых Правил рыболовства (2009) произошло расширение ассортимента сетей по шагу ячеи и изменилась промысловая мера на ряд видов (в том числе на леща от 30 до 25 см). Другие орудия лова использовались менее широко – плавные сети на Камском (в основном на верхнем участке для лова леща), донный трал для лова леща на Воткинском, заколы и ставные ловушки для лова плотвы, окуня, налима и других видов на обоих водоемах.

Лещ – лимнофильный эврибионтный вид, довольно быстро сформировавшийся промысловое стадо в Камском водохранилище, где максимальный улов 314 т был достигнут на 13-м году после его образования; и значительно медленнее в Воткинском, где на 23-м году существования водоема составлял менее 1/5 общего вылова и лишь на 25-м – занял первое место в уловах после чехони, когда вылов леща достиг 267 т. Для камского леща характерна многовозрастная структура с невысоким темпом роста (по 2-4 см в год) и поздним половым созреванием (в 7-12 лет), отличительным свойством популяций является наличие старшевозрастных рыб в уловах. Максимальный возраст в Камском водохранилище равен 22-24 (до 26) лет, в Воткинском – 16-20 (до 23) лет, предельные размеры в том и другом достигают 51-52 см и 3,5 кг. В сетных уловах преобладают рыбы в возрасте 7-12 лет (Камское) и 6-11 (Воткинское). В Камском водохранилище самки леща в массе (более 50 %) созревают в возрасте 9 + (30-32 см), самцы – в 8 + (29-30 см), при более высокой скорости роста в Воткинском самцы созревают в 6 -7 лет (30-33 см), самки – в 7-8 лет (32-35 см).

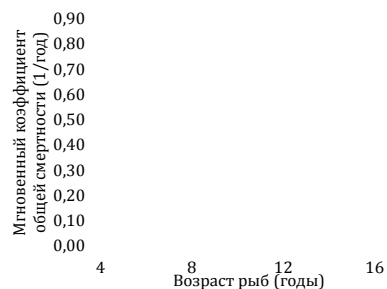


Рис. 1. Возрастная динамика темпов смертности леща в Камском водохранилище  
Fig. 1. Age dynamics of mortality rates of bream (*Abramis brama*)  
in the Kama Reservoir

Кривая мгновенных коэффициентов общей смертности леща в облавливаемых возрастах характеризуется восходящей ветвью, что является закономерным в свете концепции об увеличении естественной смертности в популяциях рыб с возрастом [8, 15, 16]. Одновременно с этим на кривой обнаружился пик, приходящийся на 11-12 лет и охватывающий возрастные группы, являющиеся, как правило, модальными в промысловых орудиях лова.

Полученные результаты позволили рассчитать обобщенную кривую мгновенного коэффициента общей смертности в рассматриваемом интервале возрастов (от 4 до 16 лет) для различных периодов промысла (рис. 2). Оказалось, что в различные годы он изменялся в пределах от 0,18 (1972) до 0,75 (2011). В межгодовом аспекте динамика общей смертности обнаруживает тенденцию к увеличению с определенной циклическостью. Наиболее высокие значения  $Z'$  характерны для периода интенсивного промысла в конце 80-х – начале 90-х гг. ( $Z' = 0,65$ ), наименьшие – пришлись на фазу начала подъема популяции и низких уловов в конце 70-х–начале 80-х гг. ( $Z' = 0,36-0,37$ ), средние и более высокие значения характерны для фазы популяционного спада в конце 90-х–первой половины 2000-х гг. ( $Z' = 0,58$ ) и роста численности популяции в последнее пятилетие ( $Z' = 0,62$ ). При этом пик значений  $Z'$  в 11-12 лет на кривой (рис. 1) во многом отражает период плавного лова леща – традиционного для Камского водохранилища, которым в отдельные годы в апреле добывалось до четверти годового вылова данного вида. При плавном лове, как правило, использовались сети с шагом ячеи 70 мм, отбиравшие рыб длиной 30-35 см в возрасте 10-13 лет [17].

В многолетнем аспекте кривая коэффициентов смертности леща обнаруживает циклические изменения с тенденцией к росту  $Z'$  в последние десятилетия (рис. 2). Подобные циклические изменения  $Z'$  по периодам промысла, по мнению А.В. Засосова [1], уже сами по себе косвенно могут свидетельствовать об увеличении на водоеме промысловой нагрузки.

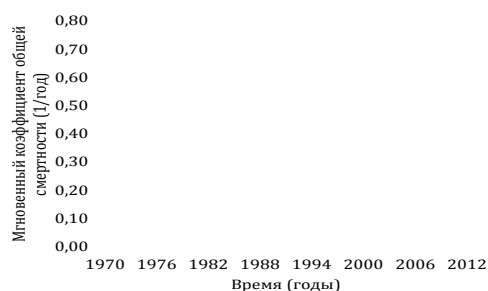


Рис. 2. Многолетняя динамика общей смертности леща в Камском водохранилище

Fig. 2. Long-term dynamics of overall mortality bream (*Abramis brama*) in the Kama Reservoir

Возрастное распределение значений коэффициентов смертности судака в Камском водохранилище обнаружило два пика, первый из которых пришелся на 8 лет, второй – на 10. Сопоставление результатов с данными о темпах созревания рыб и параметрами селективности сетей, применяемых для лова судака, показало, что первое увеличение  $Z'$  (в 6-8 лет) может быть отнесено к посленерестовому стрессу, который имеет место у морских рыб [18 и др.], тогда как второе увеличение темпов смертности (10 лет) относится к воздействию орудий лова. Как и у леща, в самых старших возрастах мгновенная смертность вновь увеличивается под воздействием естественных причин.

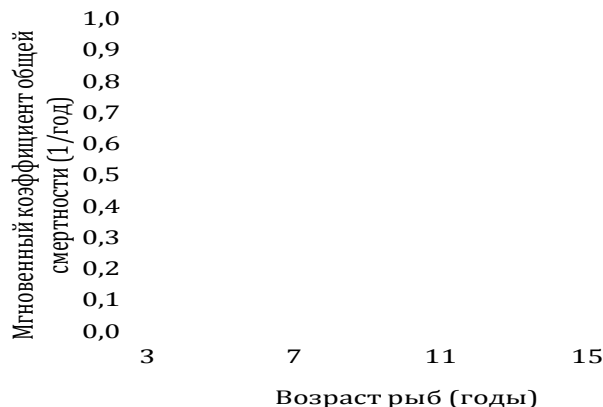


Рис. 3. Возрастная динамика темпов смертности судака в Камском водохранилище

Fig. 3. Age dynamics of mortality rates zander (*Zander lucioperca*) in the Kama Reservoir

Анализ распределения темпов смертности у судака по периодам промысла (в среднем для старших возрастов от 7+ до 14+) также свидетельствует об увеличении  $Z'$  на протяжении последних десятилетий (рис. 4). Низкие значения  $Z'$  в 70-е годы обусловлены замедленным формированием запасов судака в Камском водохранилище и недостаточным освоением его запаса. В этом сыграло роль снижение промысловой нагрузки в связи с реорганизацией Пермского рыбокомбината в конце 70-х – начале 80-х гг. прошлого века.

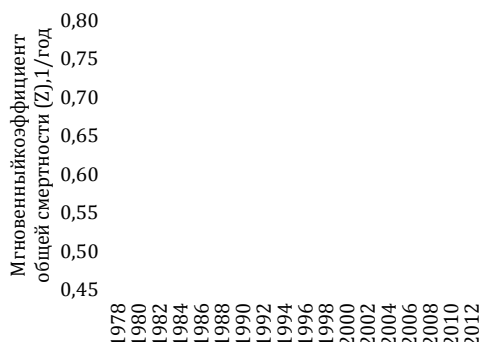


Рис. 4. Многолетние тенденции в динамике общей смертности судака в Камском водохранилище

Fig. 4. Multi-year trends in total mortality zander (*Zander lucioperca*) in the Kama Reservoir

В Воткинском водохранилище у судака обнаружилось сходное с Камским возрастное распределение  $Z'$  с повышением темпов смертности в старших возрастах (рис. 5).

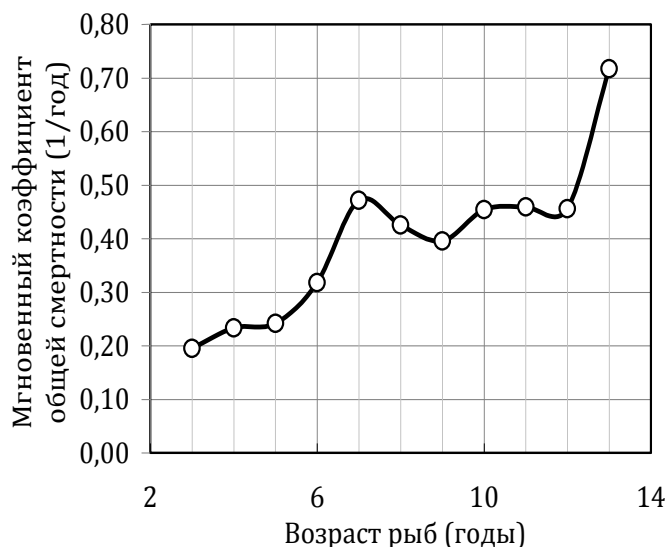


Рис. 5. Возрастная динамика темпов смертности судака в Воткинском водохранилище  
 Fig. 5. Age change rate of mortality in zander (*Zander lucioperca*) in the Votkinsk reservoir

Щука – хищник-засадчик прибрежной зоны, давший вспышку численности на начальных этапах формирования водохранилищ, которая проявилась в меньшей степени в Воткинском (уловы щуки до 150,2 т на 5-м году после затопления, доля в общем вылове 46%), чем в Камском (394,9 т на 4-м году, доля в вылове до 64,6%). Предельный зарегистрированный возраст щуки в Камском равен 17, в Воткинском – 15 лет. Самцы щуки в массе созревают на третьем году жизни по достижении длины свыше 30 см, самки – на год позднее.

При анализе кривой возрастного распределения темпов смертности щуки обнаруживается пик, приходящийся на модальные возрастные группы в промысловых уловах (4-7 лет). Позднее происходит некоторое снижение темпов смертности и их последующее увеличение в самых старших возрастных группах под воздействием естественных причин (рис. 6).

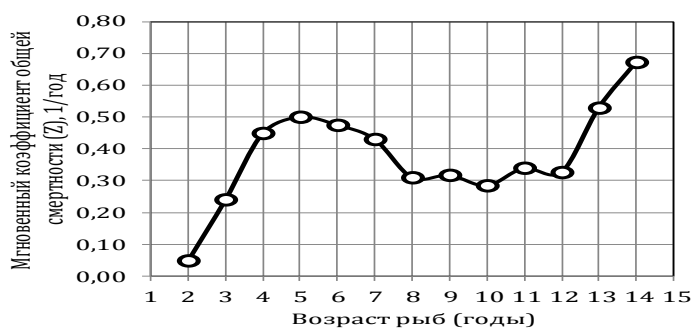


Рис. 6. Возрастная динамика темпов смертности щуки в Камском водохранилище  
 Fig. 6. Age dynamics of mortality rates in pike (*Esox lucius*) in the Kama Reservoir

В Воткинском водохранилище у щуки наблюдается аналогичное Камскому распределение темпов смертности с тем отличием, что максимум кривой приурочен к более старшим возрастам (6-8 лет) (рис. 7), что обусловлено применением при промысле щуки расширенного по ячее набору сетей, для лова щуки используются как крупноячейные, так и мелкоячейные сети. Максимум значений  $Z'$  приходится на возраст 7 лет, в котором рыбы в наибольшей степени представлены в уловах. К 10 годам наблюдается снижение темпов смертности в связи с тем, что крупные рыбы избегают орудий лова и меняют места обитания. Последующий рост  $Z'$  в самых старших возрастах обусловлен влиянием естественной смертности.

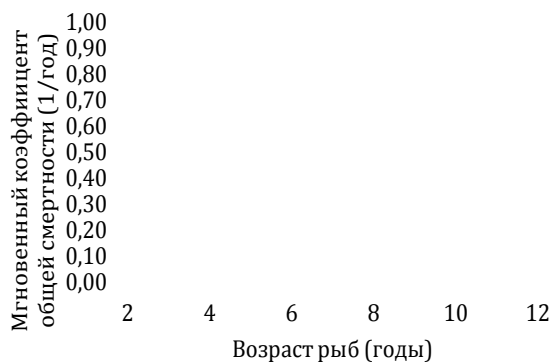


Рис. 7. Возрастная динамика темпов смертности щуки в Воткинском водохранилище

Fig. 7. Age dynamics of mortality rates pike (*Esox lucius*) in Votkinsk reservoir

Синец при промысле изымается ставными сетями с ячейей 36-45 мм, основу промысловых уловов составляют 5-9-годовики. Анализ возрастного распределения темпов смертности синца (рис. 8) свидетельствует об отчетливом повышении  $Z'$  в 6-9 лет, которые являются модальными в промысловых орудиях лова. В возрасте 10 лет, когда рыбы избегают орудий лова, происходит некоторое снижение  $Z'$  и его увеличение в самых старших возрастах под воздействием естественных причин.

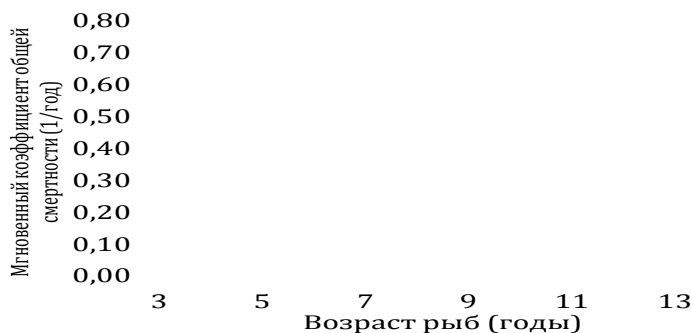


Рис. 8. Возрастная динамика темпов смертности синца в Камском водохранилище

Fig. 8. Age dynamics of mortality rates zuzone (*Abramis ballerus*) in the Kama Reservoir

После адаптации к новым условиям обитания чехонь дала исключительно резкую вспышку численности в Воткинском водохранилище, обеспечив рост его продуктивности в 80-е годы прошлого века. Максимальные уловы чехони были достигнуты в 1988 г. (422,9 т, 61,9% общего улова). Этому способствовало последовательное появление и формирование высокой численности сразу нескольких генераций чехони (1970, 1977, 1978, 1981, 1985 г.). Основу промысловых уловов чехони, как правило, составляют 5-8-годовики длиной 22-30 см.

Возрастное распределение темпов смертности чехони имеет характер аналогичный описанному выше, с повышением мгновенного коэффициента общей смертности в старших возрастах (рис. 9).

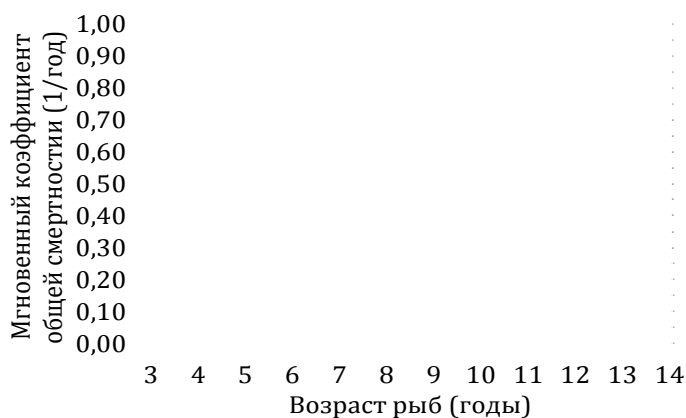


Рис. 9. Возрастная динамика темпов смертности чехони в Воткинском водохранилище

Fig. 9. Age dynamics of mortality rates sabrefish (*Pelecus cultratus*) in the Votkinsk reservoir

О влиянии селективных свойств промысловых орудий лова на популяции рыб известно достаточное число фактов [8, 19-24]. Селективность промысла при продолжительном использовании однотипного набора орудий лова может оказывать влияние на структуру популяций рыб и на темпы смертности, обуславливая их повышение в наиболее облавливаемых возрастных группах, что обнаружилось при исследованиях на камских водохранилищах. Сравнение первичных данных о темпах полового созревания и селективных свойств орудий лова свидетельствует, что именно последние оказывают влияние на формирование возрастного распределения темпов смертности. Селективный сетной промысел на Камском и Воткинском водохранилищах, осуществляемый в течение нескольких десятилетий однотипным набором орудий лова, оказывал несомненное воздействие на популяции рыб. При этом возрастное распределение темпов смертности свидетельствует о большем влиянии орудий лова на популяции в Камском водохранилище по сравнению с Воткинским. Данный факт, на наш взгляд, обусловлен несколькими причинами – это узкий ассортимент применяемых орудий лова по ячее в первом водоеме, более высокая здесь интенсивность лова некоторых видов, удлиненная возрастная структура популяций и низкая скорость роста и полового созревания, которая замедляет темпы вступления рыб в промысел.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Селективный сетной промысел, осуществляемый в течение нескольких десятилетий однотипным набором орудий лова, оказывает воздействие на популяции рыб в Камском и Воткинском водохранилищах. Анализируя возрастное распределение темпов смертности, можно сделать вывод о более существенном влиянии промысла на популяции рыб в Камском водохранилище по сравнению с Воткинским. У коммерческих видов рыб наблюдается тенденция увеличения темпов смертности в последние десятилетия, что находится в прямой зависимости от применяемой промысловой нагрузки, которая растет в последние годы. У леща Камского водохранилища выявлен циклический характер динамики мгновенного коэффициента общей смертности во временном аспекте, что также косвенно свидетельствует об увеличении на водоеме рыболовных усилий.

Выявленный характер возрастного распределения смертности позволяет подойти к оценке естественной смертности в рыб. В тех случаях, когда увеличение коэффициентов смертности в каком-либо возрасте обусловлено воздействием промысла, то, зная селективные свойства орудий лова, путем интерполяции значений естественной смертности возможно оценить ее уровень в соседних возрастах, подверженных промыслу.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Засосов, А.В. Теоретические основы рыболовства / А.В. Засосов. – М.: Пищевая пром-ть, 1970. – 291 с.
2. Бивертон, Р. Динамика численности промысловых рыб / Р. Бивертон, С. Холт. – М.: Пищевая пром-ть, 1969. – 248 с.
3. Рикер, У.Е. Методы оценки и интерпретация биологических показателей популяций рыб / У.Е. Рикер. – М.: Пищевая пром-ть, 1979. – 408 с.
4. Бандура, В.И. Использование методов математического моделирования в целях определения параметров оптимального рыболовства на внутренних водоемах / В.И. Бандура, С.В. Шibaев // Сборник научных трудов ГосНИОРХ. - 1986. – Вып. 244. – С. 28 - 46.
5. Бабаян, В.К. Математические модели теории рыболовства / В.К. Бабаян. – М., 1988. – 68 с.
6. Бабаян, В.К. Предосторожный подход к оценке общего допустимого улова (ОДУ) / В.К. Бабаян. – М.: Изд-во ВНИРО, 2000. – 192 с.
7. Зыков, Л.А. Биоэкологические аспекты теории естественной смертности рыб / Л.А. Зыков. – Астрахань: Изд-во Астр. ун-та, 2005. – 373 с.
8. Шibaев, С.В. Промысловая ихтиология / С.В. Шibaев. – СПб.: Проспект науки, 2007. – 400 с.
9. Чугунова, Н.И. Руководство по изучению возраста и роста рыб / Н.И. Чугунова. – М.: Изд-во АН СССР, 1959. – 164 с.
10. Правдин, И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных) / И.Ф. Правдин. - М.: Пищевая пром-ть. 1966. – 376 с.
11. Зиновьев, Е.А., Методы исследования пресноводных рыб / Е.А. Зиновьев, С.А. Мандрица. – Пермь: Пермский ун-т, 2003. – 113 с.



12. Murphy, G. I. A solution of the catch equation / G.I. Murphy. J. Fish. Res. Bd. 1965. Can. 22. – 202 p.
13. Schumacher, A. Bestimmung der fischereilichen Sterblichkeit beim Kabeljaubenstand vor Westgronland / A. Schumacher. – Ber. Dtsch.Komm. Meereaforsch. 1970. 21 (1-4). – P. 284-259.
14. Pope, J.G. An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis / J.G. Pope. ICNAF. Res. 1972. Bull. V. 9. – P. 65-74.
15. Северцов, С.А. Динамика населения и приспособительная эволюция животных / С.А. Северцов. – М.: Изд-во АН СССР, 1941. – 315 с.
16. Тюрин, П.В. "Нормальные" кривые переживания и темпов естественной смертности рыб как основа регулирования рыболовства / П.В. Тюрин. – Изв. ГосНИОРХ.– 1972.– Т. 71. – С. 71-127.
17. Костицын, В.Г. Влияние плавного лова на рыбные запасы и его регламентирование в фазе снижения численности / В.Г. Костицын // Рыбные ресурсы Камско-Уральского региона и их рациональное использование. – Пермь, 2001. – С. 73-77.
18. Левасту, Т. Морская промысловая экосистема. Количественная оценка параметров и регулирование рыболовства / Т. Левасту, Г. Ларкинз. – М.: Агропромиздат, 1987. – 163 с.
19. Никольский, Г.В. О влиянии вылова на структуру популяции промысловой рыбы / Г.В. Никольский.– Зоологический журнал.– 1958.– Т. 37.– Вып. 1. – С. 41-56.
20. Никольский, Г.В. О некоторых закономерностях воздействия рыболовства на структуру популяции и свойства особей облавливаемого стада промысловой рыбы / Г.В. Никольский // Совещ. по динамике численности рыб: труды.– 1961. - С. 21-23.
21. Никольский, Г.В. Теория динамики стада рыб / Г.В. Никольский. – М.: Наука, 1965. – 376 с.
22. Пушкин, Ю.А. О селективном действии на рыбу ставных сетей в условиях Камского водохранилища / Ю.А. Пушкин // Изв. ЕНИ / Перм. ун-т. – Пермь, 1963. – Т. 14.– Вып. 6. – С. 115 -118.
23. Трещев, А.И. Научные основы селективного рыболовства / А.И. Трещев. – М.: Пищевая пром-сть, 1974. – 448 с.
24. Борисов, В.М. Селекционное влияние промысла на структуру популяции длинноцикловых рыб / В.М. Борисов. – Вопросы ихтиологии. – 1978.– Т. 18. – Вып. 6. – С. 1010 -1019.

## DYNAMICS OF MORTALITY RATES OF FISH POPULATIONS OPERATED IN A SELECTIVE FISHING

V.G. Kostitsyn

Estimated mortality rates in fish populations exposed many years of net fishing. The effect of fishing on the nature of the age distribution of mortality. It is concluded that the increase in the instantaneous coefficient of total mortality in the last decade due to the overall pressure.

*population, number, mortality, selectivity, fishing*