

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

Программа фундаментальных исследований
«Биологические ресурсы России: оценка состояния и фундаментальные
исследования мониторинга» Отделение биологических наук РАН

Учреждение Российской академии наук
Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН

Учреждение Российской академии наук
Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ БИОРЕСУРСОВ ВНУТРЕННИХ ВОДОЕМОВ

В двух томах

Том 2

Москва
Издательство «АКВАРОС»
2011

УДК 574.5(28)+597(28)

ББК 28.081

С 56

Современное состояние биоресурсов внутренних водоемов. Материалы докладов I Всероссийской конференции с международным участием. 12–16 сентября 2011 г., Борок, Россия. В двух томах. – М.: АКВАРОС, 2011. – 901 с. (Том 2 – 433 с.)

Книга посвящена современному состоянию биологических ресурсов внутренних водоемов России и сопредельных стран. Представлены работы по следующим направлениям: современное состояние рыбных ресурсов во внутренних водоемах; видовое разнообразие рыбного населения в пресноводных водоемах; динамика популяций рыб внутренних водоемов и антропогенные воздействия; современные методы исследования рыбных ресурсов во внутренних водоемах; современное состояние охраны и правового регулирования рыбных ресурсов.

Табл. 152. Ил. 226.

Current state of inland waters biological resources. Proceedings of the First All-Russian conference with foreign partners. September 12–16, 2011, Borok, Russia. – М.: AQUAROS, 2011. – 901 p. (Volume 2 – 433 p.) – ISBN 978-5-901652-14-5.

The book is devoted to the current state of biological resources in the inland waters of Russia and its neighbouring countries. The following research areas are presented: current state of fish resources in the inland waters; species diversity of freshwater fish communities; dynamics of fish populations in the inland waters and anthropogenic impacts; modern methods for studying fish resources in the inland waters; current situation with protection and legal regulation of fish resources.

Книга печатается по решению Ученого совета Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН № 8 от 29.07.2011 г.

*Издание осуществлено при финансовой поддержке
Российского фонда фундаментальных исследований
по проекту № 11-04-06095-г*

ISBN 978-5-901652-14-5

© Издательство «АКВАРОС», 2011

© Институт биологии внутренних вод РАН, 2011

© Институт проблем экологии и эволюции РАН, 2011

ЗАПАСЫ СОМА В ВОЛГО-КАСПИЙСКОМ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПОДРАЙОНЕ И МЕТОДЫ ИХ ОЦЕНКИ

В.Н. Ткач, Т.А. Ветлугина

*Каспийский научно-исследовательский институт рыбного
хозяйства, (ФГУП «КаспНИРХ»), kaspiv-info@mail.ru*

В Волго-Каспийском рыбохозяйственном подрайоне Волжско-Каспийского рыбохозяйственного бассейна сом занимает второе место в видовом составе уловов полупроходных и пресноводных видов рыб. В 2001–2010 гг. его уловы варьировали от 4.4 до 8.5 тыс. т при среднем значении 6.0 тыс. т.

Запасы этого вида традиционно оцениваются методом «прямого» учета. Основным допущением метода является предположение о том, что рыба распределена в водоёме равномерно и перемещение рыб носит случайный характер. Сом в полной мере отвечает этим требованиям, так как у него не наблюдается ярко выраженных миграций.

Вводные данные модели: улов, ареал распространения, глубина в ареале распространения, интенсивность промысла.

Алгоритм расчетов методом «прямого» учета:

- вычислялся объем воды, в котором распространён исследуемый вид (V):

$$V = S \cdot h,$$

где: S – ареал, h – глубина в ареале распространения;

- вычислялась эффективность промысла (C_{PUE}):

$$C_{PUE} = \frac{C}{E},$$

где: C – улов, E – интенсивность промысла;

- вычислялась биомасса (B):

$$B = \frac{C_{PUE} \cdot V}{k},$$

где: k – коэффициент ловистости орудий лова.

При очевидной простоте расчетов этот метод имеет свои сложности, а именно, необходимость корректировки ареалов обитания и глубин в ареалах.

В 2010 г. был создан банк данных, позволяющий использовать в расчетах методы когортного анализа.

Теоретической основой методов когортного анализа были работа Баранова (1918), уравнение которого или его модификации применяются практически во всех методах когортного анализа. и

работа Державина (1922), впервые предложившего способ восстановления численности участвующих в промысле поколений с использованием данных по возрастному составу уловов. Методом когортного анализа посвящено большое количество исследований зарубежных и российских учёных: Фрая (1949), Гулланда (1965), Риккера (1948), Мэрфи (1965), В.К. Бабаяна (2000), Д.А. Васильева (2001) и других. Современные когортные модели позволяют использовать в расчетах всю совокупность биологической информации, а также принять во внимание неизбежное наличие ошибок в данных и гипотезах.

Вводные данные модели:

- численность возрастных групп уловов по годам промысла;
- мгновенный коэффициент естественной смертности постоянной для всего периода наблюдений;
- мгновенные коэффициенты промысловой смертности в последний (терминальный) год наблюдений;
- мгновенные коэффициенты промысловой смертности самой старшей в годовых уловах возрастной группы за весь период наблюдений;
- средняя масса одной особи в улове и в запасе по возрастам;
- доля половозрелых рыб по возрастам.

Последовательность вычислений была следующей.

Задав промысловую смертность в стартовый год, по уравнению Баранова, вычисляли численность поколения в терминальный год:

$$N_k = \frac{C_k \cdot (M_k + F_k)}{F_k \cdot [1 - \exp(-M_k - F_k)]}$$

где: N_k – численность старшей возрастной группы k , C_k – улов в штуках в возрасте k , M_k – коэффициент естественной смертности в возрасте k , F_k – коэффициент промысловой смертности в возрасте k .

Затем рассчитывали F_{k-1} :

$$F_{k-1} = \ln \frac{N_k}{N_{k-1}} - M_{k-1},$$

где: N_{k-1} – численность возрастной группы в возрасте $k-1$, M_{k-1} – коэффициент естественной смертности в возрасте $k-1$.

После этого для каждой возрастной группы, отличной от старшей, по уравнению Поупа (Pope, 1972) рассчитывалась её численность:

$$N_{a,y} = N_{a+1,y+1} \cdot \exp(M_a) + C_{a,y} \cdot \exp\left(\frac{M_a}{2}\right)$$

где: $N_{a,y}$ – численность возрастной группы в возрасте a , в год y ; $N_{a+1,y+1}$ – численность возрастной группы в возрасте $a+1$, в год $y+1$; M_a – коэффициент естественной смертности в возрасте a ; $C_{a,y}$ – улов в возрасте a , в год y .

Когортный анализ Поупа основан на предположении о том, что вылов от возрастной группы a осуществляется мгновенно в середине года:

- биомасса каждой возрастной группы определялась как произведение численности на средний вес рыбы в запасе.
- биомасса каждой возрастной группы нерестового запаса определялась как произведение биомассы возрастной группы на долю зрелых рыб в этой возрастной группе.

Для настройки модели была выбрана одна из модификаций ADAPT-метода (Gavaris, 1988). Для поиска оптимального решения использовались дополнительные данные по интенсивности промысла и величине уловов на единицу промыслового усилия.

Адаптивный подход базируется на предположении о том, что ненаблюдаемые величины, которые описывают популяционную динамику, связаны с наблюдаемыми величинами с помощью уравнений наблюдения:

$$I_{a,y,t} = q_{a,t} N_{a,y} \exp(\xi_{a,y,t})$$

где: $I_{a,y,t}$ – индекс численности, а $\xi_{a,y,t}$ – случайная ошибка.

В этих уравнениях в качестве наблюдаемых используются индексы численности, полученные из траловых съемок или из промысловой статистики. Адаптация модели к реальной ситуации и специфике изучаемого вида достигается вариациями неизвестных параметров модели и целевой функции метода:

$$SS(N_{1,y_1} \dots N_{a_k,y_k}) = \sum_{t=1}^{n_t} \sum_{a=1}^{n_a} \sum_{y=1}^{n_y} \lambda_{a,y,t} \cdot [\ln(I_{a,y,t}) - \ln(q_{a,t} \cdot N_{a,y})]^2$$

где: $N_{1,y_1} \dots N_{a_k,y_k}$ – численности возрастных групп в возрасте a_k в Y_k году; $I_{a,y,t}$ – индексы численности возрастных групп a , в году y ; $\lambda_{a,y,t}$ – весовые множители; $q_{a,t}$ – коэффициенты улавливаемости в возрасте a .

При практической реализации метода в качестве неизвестных параметров модели использовались логарифмы промысловой смертности как в терминальный год, так и для старшей возрастной

группы, чтобы в процессе поиска минимума целевой функции исключить возможность попадания траектории поиска в область отрицательных значений.

Для проведения настройки вводные данные модели дополнены матрицей индексов численности по возрастам и годам промысла (уловы в штуках на единицу промыслового усилия).

Ход вычислений:

- выполнялся когортный анализ: вычислялись численности и коэффициенты промысловой смертности для всех возрастных групп и лет промысла;
- биомасса каждой возрастной группы определялась как произведение численности на средний вес рыбы в запасе;
- биомасса нерестового запаса определялась как произведение биомассы возрастной группы на долю зрелых рыб в этой возрастной группе;
- вычислялись логарифмы коэффициентов улавливаемости $\ln(q)$ для каждого возраста и года промысла, а затем их средние по возрастам;
- вычислялись остатки по возрастам и годам промысла;
- сумма квадратов остатков посылалась в сервисную программу SOLVER, которая минимизировала функцию и изменяла неизвестные параметры модели согласно найденному решению.

Оценивание параметров модели, основанное на минимизации суммы квадратов остатков между логарифмами результатов наблюдений и логарифмами их модельных аналогов, соответствует гипотезе о логнормальном распределении ошибок в наблюдениях. По мнению ряда учёных (Васильев, 2001), логнормальное распределение может рассматриваться как более хорошая (по сравнению с нормальным распределением) аппроксимация распределений, в которых вероятность доли больших ошибок выше, чем в нормальном распределении.

Компьютерная версия построена руководствуясь учебно-методическими материалами «Отраслевой семинар по изучению методических основ рационального использования промысловых биоресурсов» (2001).

Следует подчеркнуть, что в расчетах нами использовались данные об уловах из официальной статистики.

Применение настройки с использованием дополнительных данных позволяет с большей степенью надежности оценить биомассу и нерестовую биомассу (SSB) исследуемого вида.

Результаты расчетов, полученные этим методом и традиционно применяемым методом «прямого» учета, довольно близки и имеют одинаковую направленность (рис. 1).

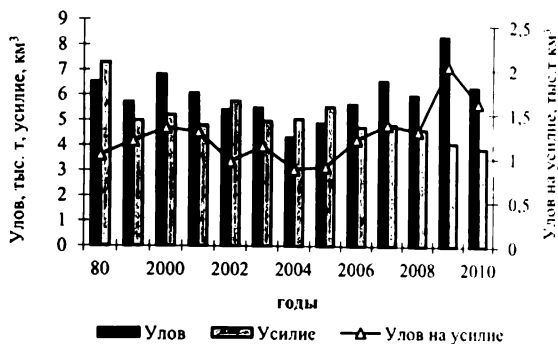


Рис. 1. Динамика биомассы сома в Волго-Каспийском рыбохозяйственном подрайоне (оценка разными методами)

Результаты исследований позволяют провести ретроспективный анализ. На протяжении многолетнего периода (90-е годы прошлого столетия) условия воспроизводства и нагула сома были относительно стабильны. Запасы сома в этот период находились на высоком уровне (рис. 1). В первой половине 2000-х гг. его уловы и запасы снизились. Причина того – повышение неучтенного изъятия, которое по экспертной оценке составляет 40–60% его улова. В 2007–2010 гг. запасы этого вида вновь достигли уровня 90-х гг. (рис. 1). Перспективы промысла сома благоприятны. В 2012 г. в водоемах Волго-Каспийского рыбохозяйственного подрайона его улов может составить 7.5 тыс. т, в том числе в реке Волге и ее водотоках – 1.2 тыс. т.

Список литературы

- Бабаян В.К. Предосторожный подход к оценке общего допустимого улова (ОДУ) // М.: ВНИРО, 2000. 192 с.
- Баранов Ф.И. К вопросу о биологических обоснованиях рыбного хозяйства // Изд. отд. рыб-ва и научно-промысловых исследований. М., 1918. Т. 1. Вып. 2. С. 81–128.

- Васильев Д.А. Когортные модели и оценка параметров систем запас – пополнение при дефиците информации // М.: ВНИРО, 2001. 110 с.
- Державин А.Н. Севрюга. Биологический очерк // Известия Бакинской ихтиол. лаборатории. Баку, 1922. 393 с.
- Отраслевой семинар по изучению методических основ рационального использования промысловых биоресурсов. М.: ВНИРО, 2001. 66 с.
- Fry F. E. J. Statistics of a lake trout fishery // *Biometrics*. 1949. № 5. P. 26–67.
- Gavaris S. An adaptive framework for the estimation of population size. (CAFSAC) Res. Doc. 88/29. 1988. 12 p.
- Gulland J.A. Estimation of mortality rates // Annex to Arctic Fisheries Working Group Report. ICES, C. M. 1965. Doc. № 3. 9 p.
- Murphy G.I. A solution of the catch equation // *Journal of Fisheries Research Board of Canada*. 1965. V. 22. P. 191–202.
- Pope J.G. An investigation of the accuracy of virtual population analysis // *ICNAF Res.* 1972. Bull. 9. P. 65–74.
- Ricker W.E. Methods of estimating vital statistics of fish populations // *Indiana University. Publication Science Series* 15. 1948.