

*И. А. Сафаралиев*

**ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ  
ПОПУЛЯЦИИ СЕВРЮГИ (*ACIPENSER STELLATUS* PALLAS, 1771)  
В ВОЛГО-КАСПИЙСКОМ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОМ РАЙОНЕ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИ БИВЕРТОНА – ХОЛТА**

*I. A. Safaraliev*

**BASIS FOR OPTIMIZED EXPLOITATION  
OF SIVRUGA POPULATION (*ACIPENSER STELLATUS* PALLAS, 1771)  
IN VOLGO-CASPIAN FISHERIES AREA USING  
BEVERTON – HOLT MODEL**

На основе материалов 2001–2011 гг. по изучению севрюги, нагуливающейся в Каспийском море, и нерестовой части ее популяции, мигрирующей в р. Волгу, выполнены исследования по темпу роста севрюги и выведены соответствующие уравнения И. И. Шмальгаузена и Броуди – Берталанфи. Оценена естественная смертность севрюги за исследуемый период по методу В. Н. Лукашова. Полученные параметры темпа роста и естественной смертности были использованы для построения модели «улова на пополнение» Бивертон – Холта. Проведен анализ данной модели при различных условиях эксплуатации запаса и определен оптимальный возраст для вступления в промысел севрюги. Приводятся рекомендации по использованию и сохранению популяции севрюги на основе её современного состояния.

**Ключевые слова:** севрюга, запас, темп роста, промысловая и естественная смертность, модель Бивертон – Холта, возраст вступления в промысел.

On the basis of 2001–2011 study materials concerning stellate sturgeon, fattening in the Caspian Sea, and its population spawning part, migrating to the Volga river, the certain researches on stellate sturgeon rate of growth are carried out and the corresponding equations of I. I. Schmalhausen and Brody – Bertalanffy are derived. The natural mortality of stellate sturgeon during the study period is estimated using V. N. Lukashev method. The obtained parameters of the rate of growth and natural mortality were used to construct the Beaverton – Holt model of "catch on recruitment". The analysis of the model under different stock exploitation conditions is presented and the optimal age for entry into the stellate sturgeon fishery is determined. The guidelines on usage and conservation of sturgeon population on the basis on its current state are given.

**Key words:** stellate sturgeon, stock, growth rate, commercial and natural mortality, Beaverton – Holt model, age of entry into the fishery.

**Введение**

Целью эксплуатации любого водного биологического ресурса является получение наибольшего объема продукции при сохранении популяции в благоприятном устойчивом состоянии. Для этого необходимы обоснованные правила регулирования промысла, которые основываются на биологических характеристиках эксплуатируемого вида. Сюда входят темп роста, возрастная структура и смертность. Используя данные параметры, можно создать модель запаса, характеризующую её динамику при различных заданных условиях. Основная задача такой модели – описать динамику численности при заданном возрасте пополнения и промысловой смертности и таким образом определить правила регулирования промысла.

Решению данной задачи посвящено множество работ как отечественных, так и зарубежных исследователей: В. И. Мейснера [1], Ф. И. Баранова [2], Л. С. Бердичевского [3, 4], Г. В. Никольского [5], Н. В. Тюрина [6, 7], В. Н. Лукашова [8]. Из зарубежных работ наибольшей востребованностью пользуется метод Бивертон – Холта, который реализован в модели улова от пополнения и промысловой смертности [9, 10]. Результатом данных моделей является определение оптимального возраста или промысловой длины для вступления в промысел с целью получения наибольших уловов.

В связи с распадом Советского Союза в конце XX столетия и образованием суверенных прикаспийских государств – Азербайджанской Республики, Республики Казахстан, Российской Федерации, Туркменистана и присутствием Исламской Республики Иран на Каспии отсутствует единая система рационального использования промысловых запасов всех видов осетровых рыб в бассейне. В этих условиях у осетровых изменилась структура популяций, снизились демографические и биологические показатели, т. к. одним из основных факторов, определяющих состояние популяций, стала величина их изъятия из общего запаса, а не из нерестовых частей популяций, как было после запрета морского красноловья в 1963–1964 гг.

Изменения условий морского периода жизни осетровых повлияли на качественные характеристики нерестовых миграций осетровых в р. Волге, и, следовательно, назрела необходимость определения оптимального допустимого изъятия, основанного на начале вхождения в промысел особей с учетом современного состояния их популяций.

Таким образом, цель исследований – показать на примере каспийской севрюги возможность использования модели Бивертон – Холта при заданных условиях эксплуатации запаса с учетом современного состояния популяции для оценки общего допустимого вылова.

### Методы и результаты исследования

Сбор биологического материала осуществлялся в период проведения летних специализированных морских съемок в 2001–2009 гг. Научно-исследовательские работы проводились на научно-исследовательских судах (НИС) КаспНИРХ: НИС «Медуза» и НИС «Гидробиолог» в мелководной части Северного Каспия на глубине от 2,5 до 13,0 м; на рыболовно-поисковом судне «Исследователь Каспия» в приглубой зоне северной части Каспийского моря, в Среднем и Южном Каспии на акватории моря с глубиной от 8,0 до 40,0 м. Контрольные ловы выполнялись активными орудиями лова (9- и 24-метровые тралы) и пассивными (ставные сети с набором ячеи 70–110 мм). Сбор биологического материала нерестовой части популяции севрюги проводился на тонях Главного банка р. Волги в 2005–2011 гг.

За период исследований (2001–2011 гг.) отловлено 3 417 экз. севрюги.

Вся выловленная рыба подвергалась биологическому анализу по методике И. Ф. Правдина [11]. Определялись масса, абсолютная и промысловая длина рыбы, пол и стадия зрелости половых желез по шкале А. Я. Недошивина [12]. Возрастной состав определялся по спилам маргинальных лучей грудных плавников (методика Н. И. Чуговой) [13].

Для построения модели «улов на пополнение» по методу Бивертон – Холта нами были исследованы основные биологические характеристики популяции севрюги за 2001–2011 гг.: темп линейного и весового роста, естественная смертность.

Темп роста севрюги по И. И. Шмальгаузену. И. И. Шмальгаузен [14], изучая линейно-весовой рост животных и рыб, пришел к заключению, что изменение массы тела рыб во времени описывается уравнением степенной функции

$$W = pt^c,$$

где  $t$  – возраст рыбы;  $p$ ,  $c$  – константы.

Приращение длины особи описывается уравнением

$$\frac{dl}{dt} = kt^m,$$

где  $k$  и  $m$  – константы.

Интегрируя уравнение, получаем

$$L = ct^b, \quad (1)$$

где  $c$  и  $b$  – константы.

Соотношение длины и массы тела рыбы описывается уравнением

$$W = qt^b, \quad (2)$$

где  $q$  и  $b$  – константы.

В уравнении (2) константа  $b$  показывает, во сколько раз темп весового прироста больше темпа линейного. У разных рыб этот показатель колеблется от 2,35 до 3,78, составляя в среднем 3,007 [15]. Если рассматривать каждый вид отдельно, то  $b$  может отличаться у субпопуляций данного вида или от условий питания в конкретно взятый год [16]. В целом темп весового роста рыбы стремится к изометрическому росту, значению равному 3.

Исходя из вышеизложенных положений о закономерностях роста рыбы, мы оценили темп роста севрюги по данным морских летних съемок за 2001–2009 гг. Нами были получены следующие степенные выражения:

$$L = 44,531 t^{0,4508},$$

$$w = 0,0021 t^{3,07}.$$

Полученные выражения довольно точно описывают эмпирические данные: коэффициент детерминации для соотношения длины к возрасту равен  $R^2 = 0,9838$ , для массы к длине –  $R^2 = 0,9969$ . Графическое сравнение эмпирических и расчетных данных темпа роста представлено на рис. 1.

Параметры степенной функции, описывающие зависимость абсолютной длины от времени, показывают, что значение 44,531 указывает на длину рыбы в возрасте одного года, степень 0,4508 – на скорость линейного роста. Полученное уравнение темпа роста севрюги по массе близко к изометрическому ( $b = 3,07$ ).

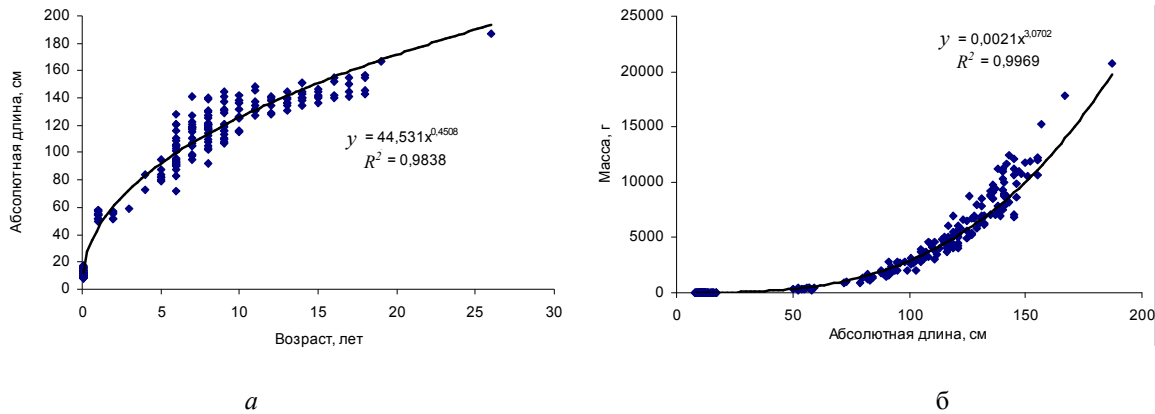


Рис. 1. Кривые линейного и весового роста севрюги по Шмальгаузену:  
 а – зависимость длины от возраста; б – зависимость веса от длины

Уравнение темпа роста севрюги по Брудю – Берталанфи. Важным этапом в изучении популяции является выведение уравнения Берталанфи, описывающего линейный рост рыбы [17]. Несмотря на то, что некоторые его параметры имеют довольно спорные биологические значения и ни один символ в нем не имеет размерности роста, т. е. длины в единицу времени [18], оно довольно точно описывает рост рыбы, в частности промысловый запас, и используется во многих комплексных моделях как подмодель роста тела рыбы. Уравнение Берталанфи имеет следующий вид:

$$l_t = L_\infty (1 - e^{-K(t-t_0)}), \quad (3)$$

где  $L_\infty$  – асимптотическая длина;  $K$  – коэффициент Брудю;  $t_0$  – гипотетический возраст, при котором длина тела рыбы равнялась бы нулю.

Комбинирование уравнения Берталанфи (3) с отношением длины к весу (2) дает нам вес рыбы как функцию роста:

$$w_t = W_\infty (1 - e^{-K(t-t_0)})^3, \quad (4)$$

где  $W_\infty$  – асимптотическая длина;  $K$  – коэффициент Брудю;  $t_0$  – гипотетический возраст, при котором длина тела рыбы равнялась бы нулю.

Основываясь на полученных теоретических значениях темпа роста севрюги выражений (1) и (2), мы рассчитали параметры уравнения Берталанфи линейного роста (3), которые оказались следующими:  $L_{\infty} = 221,0$  см,  $K = 0,0713$  и  $t_0 = -2,28$ .

Вид уравнения:  $l_t = 221,0 (1 - e^{-0,0713(t-(-2,28))})$ .

Подставляя полученную асимптотическую длину в функцию роста (2), мы получили асимптотическую массу, как предлагает У. Е. Рикер [16]. Преобразовав выражение (1), получили максимальный теоретический возраст:

$$W_{\infty} = 0,0021 \cdot 221,0^{3,07},$$

$$T = \left( \frac{221,0}{44,531} \right)^{\frac{1}{0,4508}}.$$

Отсюда асимптотическая масса равна 33,075 кг, максимальный теоретический возраст – 34,9 лет. Полученные данные максимального веса и возраста при интерпретации согласуются с литературными данными. Согласно археологическим материалам Е. А. Цепкина [19], максимальные размеры севрюги в VI–XVI вв. достигали 255–270 см, наибольший возраст древней севрюги, который удалось определить, равен 41 году при длине 211,0 см. Общеизвестно, что при воздействии промысла на популяцию её биологические характеристики, по причине изъятия, изменяются: уменьшаются максимальные линейные размеры и вес, наблюдаемый возраст, при длительной высокой эксплуатации промыслового запаса. Первое созревание половых продуктов происходит в более раннем возрасте. Вследствие продолжительной регулярной промысловой нагрузки на популяцию каспийской севрюги её биологические параметры в современный период значительно отличаются от археологических данных. В 1978–1983 гг. максимальные наблюдаемые размеры составили 175,0–195,0 см, масса – 20,0–26,0 кг и возраст – 31 год [20]. По нашим данным, использованным при выведении степенных функций роста, максимальный размер севрюги в 2001–2009 гг. составлял 187,0 см, масса – 20,7 кг, возраст – 26 лет.

Таким образом, с учетом современного состояния популяции севрюги и при гипотетическом отсутствии её промысла, найденные нами максимальные теоретические значения длины, массы и возраста в условиях 2000-х гг. обоснованы.

*Оценка условной естественной смертности севрюги по В. Н. Лукашову.* Оценка условной естественной смертности по В. Н. Лукашову [21] основана на построении пограничной кривой естественной убыли от возраста и определения критического возраста ( $t_k$ ), пресечение которого на построенной кривой и будет естественная смертность. В. Н. Лукашов исходил из ряда положений о динамике популяции рыб.

Динамика ихтиомассы во времени выражается отношением

$$\frac{N_{t+1}}{N_t} \frac{W_{t+1}}{W_t} = k_t,$$

где  $N$  – численность в возрасте  $t$ ,  $W$  – средняя масса рыбы в возрасте  $t$ .

По величине  $k_t$  можно судить об изменении ихтиомассы поколения. При  $k_t > 1$  ихтиомасса увеличивается во времени,  $k_t < 1$  с возрастом уменьшается. Если  $k_t = 1$ , то, следовательно, ихтиомасса не изменилась.

Таким образом, для увеличения ихтиомассы поколения должно соблюдаться условие: естественная смертность не должна превышать среднего относительного привеса составляющих его особей, т. е.

$$\Phi_t < \frac{W_{t+1} - W_t}{W_{t+1}}.$$

Отсюда следует, что данное условие делит область естественной смертности на две части, одна из которых соответствует увеличению, а другая уменьшению ихтиомассы. Точки, лежащие на границе этих областей, соответствуют  $k_t = 1$  и образуют кривую, которая называется пограничной (рис. 2).

Для построения кривой необходимо знать средний вес каждой возрастной группы в моменты времени  $t$ , который получают как среднее значение из репрезентативных выборок или из функций роста. Если в исследованиях определены параметры уравнения Берталанфи, то функция пограничной кривой имеет следующий вид:

$$\Phi_t = - \left[ \frac{1 - e^{-K(t-t_0)}}{1 - e^{-K(t+1-t_0)}} \right]^3 \quad (5)$$

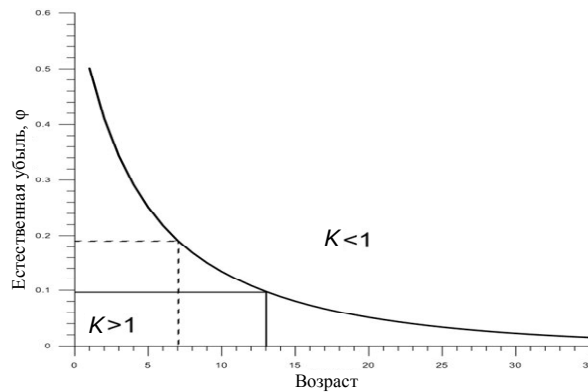


Рис. 2. Пограничная кривая естественной убыли севрюги каспийской популяции

На основе построенной кривой можно найти точку, где будет соблюдаться условие, при котором происходит рост или уменьшение ихтиомассы относительно точки критического возраста ( $t_k$ ), т. е.  $t < t_k > t$ , при этом предполагается, что численность поколения убывает по экспоненциальной кривой. Таким образом, точка  $t_k$  – это момент в жизненном цикле рыбы, когда темпы прироста и убыли находятся в равновесии, что отражается достижением максимума ихтиомассы популяции, а её пересечение с пограничной кривой будет условная естественная смертность. По мнению ряда авторов [15, 16, 21–23], максимум ихтиомассы приходится на момент достижения возраста полового созревания, как способ увеличения ихтиомассы, когда поколение не может увеличивать её путем роста отдельных особей в связи с более высокой скоростью естественной убыли.

Таким образом, определив для севрюги возраст первого созревания половых продуктов, который является критическим возрастом  $t_k$  на оси абсцисс, находим действительную естественную смертность  $\phi_M$  на точке пересечения с пограничной кривой (рис. 2).

Зная действительную естественную смертность, можно перейти к выражению мгновенного коэффициента естественной смертности:

$$M = - \ln(1 - \phi_M) \quad (6)$$

На основе полученных параметров уравнения Берталанфи и выражения (5) мы построили пограничную кривую естественной убыли севрюги (рис. 2).

Анализ нерестовой части популяции севрюги показал, что возраст вступления в половозрелую стадию различен в зависимости от рассматриваемого периода. В 1978–1983 гг. основная масса нерестующих особей приходилась на 13 лет, созревало около 50 % от нерестующей популяции [20]. По нашим данным, с тоневых участков в современных условиях начала XXI в. 50 % особей севрюги от всего нерестового запаса стало созревать к 7 годам вследствие адаптации вида к сокращению его численности. По нашему мнению, критический возраст  $t_k$  для севрюги необходимо определять в точке созревания 50 % особей от всех нерестующих особей, т. к. темп вступления в нерестовое стадо идет по нарастающей, следовательно, пик или наибольшее количество впервые созревающих особей, готовых к размножению, проходит на несколько более поздний возраст. Сходное мнение высказывал П. В. Тюрин [24, с. 419], говоря о долгоживущих рыбах: «Кульминация нарастания ихтиомассы (с учетом естественной смертности) наступает при массовой половозрелости видов (осетр), иногда позднее (стерлядь)». В. Н. Лукашов [21] считает, что естественная смертность может изменяться в зависимости от степени эксплуатации промыслового стада или от других причин, а она, в свою очередь, определяется критическим возрастом. Это видно из графического представления пограничной кривой севрюги на рис. 2. При критическом

возрасте 13 лет доля естественной убыли равна 0,10, при возрасте 7 лет – 0,19. Таким образом, в зависимости от условий, на которые реагирует исследуемый вид, естественная смертность изменяется в большую или меньшую сторону. Определив действительную естественную смертность севрюги в современный период в значении  $\varphi_t = 0,19$  и используя выражение (6), мы оценили коэффициент мгновенной естественной смертности как  $M = 0,21$ .

*Построение модели «улов на пополнение» севрюги по методу Бивертон – Холта.* Основная цель исследований роста и смертности рыб заключается в оценке величины возможного вылова из данного запаса при различных условиях промыслового усилия, разной величине пополнения и возраста вступления в промысел. Расчет величины возможного вылова производится при уравновешенных условиях, которые воздействуют на популяцию в течение всего промыслового периода их жизни. Важным условием в этих расчетах является предположение, что мгновенные коэффициенты естественной смертности и роста в любом возрасте постоянны во всем диапазоне рассматриваемых условий.

Один из подходов расчета уравновешенного вылова на единицу пополнения реализован в методе Бивертон – Холта, который описан в работах М. Грэхема [25], Б. Пэрриша и Р. Джунса [26], Р. Бивертон и С. Холта [9, 10]. Данный метод основан на размерно-возрастной зависимости Бруды – Бергаланфи (3)–(4) и применим, если эта зависимость адекватно описывает линейный рост для промысловой части запаса.

Расчет уравновешенного улова ведется по формуле

$$Y = FN_0^{-Mr} W_\infty \left[ \frac{1 - e^{-Zt}}{Z} - \frac{3e^{-Kr} (1 - e^{-(Z+K)\lambda})}{Z + K} + \frac{3e^{-2Kr} (1 - e^{-(Z+2K)\lambda})}{Z + 2K} - \frac{e^{-3Kr} (1 - e^{-(Z+3K)\lambda})}{Z + 3K} \right], \quad (7)$$

где  $Y$  – возможный вылов в единицах массы;  $F$  – мгновенный коэффициент промысловой смертности, считается постоянным в течение жизненного цикла, начиная с возраста пополнения;  $N_0$  – гипотетическое число особей, которые ежегодно достигают возраста  $t_0$ ;  $M$  – мгновенный коэффициент естественной смертности, считается постоянным после возраста  $t_0$ ;  $r$  – выражение  $r = tR - t_0$ , где  $tR$  – возраст пополнения промыслового запаса;  $t_0$  – возраст, в котором рыба имела бы нулевую длину, если бы её рост всегда подчинялся зависимости Бруды – Бергаланфи;  $W_\infty$  – средняя асимптотическая масса рыбы;  $\lambda$  – выражение  $\lambda = t\lambda - tR$ , где  $t\lambda$  – конец жизненного цикла или максимальный возраст, достигаемый рыбами;  $Z$  – мгновенный коэффициент общей смертности, считается постоянным после возраста  $tR$ .

Переменными в этом выражении являются  $F$  и величина пополнения промыслового запаса, зависящая от возраста вступления в промысел ( $R = N_0^{-Mr}$ ).

Таким образом, последовательно изменяя эти два параметра, можно рассчитать получаемый улов в зависимости от их значений и, следовательно, найти максимальный при соответствующих условиях.

Получив параметры зависимости темпа роста Бруды – Бергаланфи и оценив коэффициент мгновенной естественной смертности севрюги, мы построили модель Бивертон – Холта «улов на пополнение» на основе выражения (7) и при начальной гипотетической численности  $t_0$ , равной 1 000 экз. На рис. 3 показано трехмерное графическое представление полученной модели зависимости улова от возраста вступления в промысел и коэффициента эксплуатации.

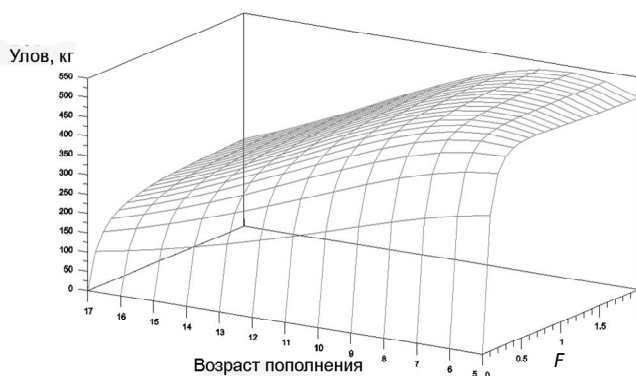


Рис. 3. Трехмерная модель Бивертон – Холта улова на пополнение севрюги в зависимости от возраста вступления в промысел и коэффициента мгновенной промысловой смертности

Полученные коэффициенты мгновенной промысловой смертности для большей наглядности были переведены в коэффициенты убыли согласно следующему выражению и представлены в таблице.

$$\Phi_F = \frac{F(1 - e^{-Z})}{Z}$$

Соотношение мгновенных коэффициентов смертности и коэффициента промысловой убыли

|  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Мгновенная общая смертность $Z$        | 0,21 | 0,26 | 0,31 | 0,36 | 0,41 | 0,46 | 0,51 | 0,56 | 0,61 | 0,66 | 0,71 | 0,76 | 0,81 | 0,86 | 0,91 |
| Мгновенная промысловая смертность $F$  | 0,0  | 0,05 | 0,10 | 0,15 | 0,20 | 0,25 | 0,30 | 0,35 | 0,40 | 0,45 | 0,50 | 0,55 | 0,60 | 0,65 | 0,70 |
| Коэффициент промысловой убыли $\Phi_F$ | 0,0  | 0,04 | 0,09 | 0,13 | 0,16 | 0,20 | 0,24 | 0,27 | 0,30 | 0,33 | 0,36 | 0,39 | 0,41 | 0,44 | 0,46 |
| Мгновенная общая смертность $Z$        | 0,96 | 1,01 | 1,06 | 1,11 | 1,16 | 1,21 | 1,26 | 1,31 | 1,36 | 1,41 | 1,46 | 1,51 | 1,56 | 1,61 | 1,66 |
| Мгновенная промысловая смертность $F$  | 0,75 | 0,80 | 0,85 | 0,90 | 0,95 | 1,00 | 1,05 | 1,10 | 1,15 | 1,20 | 1,25 | 1,30 | 1,35 | 1,40 | 1,45 |
| Коэффициент промысловой убыли $\Phi_F$ | 0,48 | 0,50 | 0,52 | 0,54 | 0,56 | 0,58 | 0,60 | 0,61 | 0,63 | 0,64 | 0,66 | 0,67 | 0,68 | 0,70 | 0,71 |

### Обсуждение результатов исследований

Построенная модель Бивертон – Холта, основанная на величине улова пополнения популяции севрюги, позволяет установить улов при уравновешенных условиях эксплуатации промыслового запаса в зависимости от возраста вступления в промысел и коэффициента изъятия.

Использование данной модели для регулирования промысла севрюги возможно при учете специфики складывающихся условий в рыболовстве и биологии данного вида. Главными учитываемыми факторами являются место возможного ведения промысла и возраст доступного изъятия. К первому фактору относится запрет морского промысла осетровых с 1963–1964 гг. и по настоящее время, поэтому изымается только нерестовая часть популяции севрюги в речной период жизни. Второй фактор – это возраст первого созревания половых продуктов. Согласно литературным данным, наблюдается омоложение впервые нерестующих особей с 1959 г. по настоящее время и, следовательно, доступность особей севрюги соответствующего возраста для промысла. В 1959–1980 гг. севрюга вступала в нерестовое стадо и изымалась промыслом с 7 лет [27]. С катастрофическим падением численности нерестового запаса с 884,0 (1986 г.) до 19,0 (2005 г.) тыс. экз. созревание севрюги стало происходить в более ранние сроки – с 5 лет [28]. Самцы этого возраста стали появляться в уловах с 1997 г., составляя 0,15 %. В настоящее время 5-летние особи составляют в уловах до 20,9 %.

Таким образом, построенную нами модель необходимо интерпретировать в условиях изъятия нерестовой части популяции.

Принимая во внимание определение допустимого промыслового изъятия в зависимости от возраста созревания самок по методу Е. М. Малкина [29], максимально допустимое изъятие для севрюги составляет 18,6 % при устойчивом удовлетворительном состоянии запаса.

При вылове севрюги с 5 лет, как показывает модель Бивертон – Холта, при коэффициентах эксплуатации до 18,6 % уловы составят 0,233–0,466 т. С увеличением возраста промыслового пополнения с 6 лет при тех же коэффициентах промысла уловы равны 0,220–0,466 т.

Моделирование промыслового изъятия с 7 лет показывает, что при коэффициентах изъятия от 4 до 18,6 % происходит потеря биопродукции в сравнении с промысловым изъятием с 5 и 6 лет и уловы не превысят 0,204–0,440 т.

При условии увеличения возраста севрюги в промысловом запасе с 8 лет и старше модель Бивертон – Холта показывает, что такая стратегия рыболовства приведет к недовылову севрюги и потере рыбной продукции для рыболовства при любых коэффициентах промысла.

Таким образом, при регулировании промысла севрюги с изъятием не более 18,6 % от нерестового запаса оптимальный возраст вступления в промысел составляет 5–6 лет. Увеличение промысловой нагрузки выше 18,6 % нецелесообразно по ряду причин. Более высокое изъ-

тие не обосновано экономическими затратами, т. к. происходит незначительное увеличение улова, которое не будет окупаться финансовыми затратами, а в связи с депрессивным состоянием популяции севрюги, её малым промысловым и нерестовым запасом, высокое значение изъятия не способствует её восстановлению до удовлетворительной численности нерестового запаса на уровне 1980-х гг. (884,0 тыс. экз.).

### Выводы

1. Критический возраст для севрюги необходимо определять в точке созревания 50 % особей от всех нерестующих особей.

2. Коэффициенты естественной смертности севрюги в современный период оценены в значениях убыли  $\phi_M = 0,19$  и мгновенного коэффициента смертности  $M = 0,21$ .

3. Построенная модель Бивертон – Холта «улов на пополнение» севрюги показала, что в связи с депрессивным состоянием популяции севрюги в современных условиях оптимальный возраст промыслового изъятия составляет 5–6 лет, а изъятие не должно превышать 18,6 %, т. к. высокая интенсивность эксплуатации экономически невыгодна и ведет к полному исчезновению вида.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мейснер В. И. Методы регулирования рыбного промысла и принципы рационального рыбного хозяйства / В. И. Мейснер // Рыбное хозяйство. 1923. № 4. С. 3–28.
2. Баранов Ф. И. Рыболовство и предельный возраст рыб / Ф. И. Баранов // Бюл. рыб. хоз-ва. 1925. № 9. С. 26–28.
3. Бердичевский Л. С. О необходимости биологического обоснования минимальных промысловых размеров на рыб, допускаемых к вылову по правилам рыболовства / Л. С. Бердичевский // Рыбное хозяйство. 1960. № 9. С. 3–25.
4. Бердичевский Л. С. Биологические основы рационального ведения рыболовства / Л. С. Бердичевский // Тр. Совещ. ихтиол. комис. 1961. Вып. 13. С. 14–67.
5. Никольский Г. В. Теория динамики стада рыб / Г. В. Никольский. М.: Наука, 1965. 378 с.
6. Тюрин П. В. Фактор естественной смертности рыб и его значение при регулировании рыболовства / П. В. Тюрин // Вопросы ихтиологии. 1962. Т. 2, вып. 3 (24). С. 403–427.
7. Тюрин П. В. Нормальные кривые переживания и темпов естественной смертности рыб как теоретическая основа регулирования рыболовства / П. В. Тюрин // Изв. ГосНИОРХ. 1972. Т. 71. С. 71–128.
8. Лукашов В. Н. О наименьшей промысловой мере на рыбу / В. Н. Лукашов // Рыбное хозяйство. 1964. № 11. С. 27–30.
9. Beverton R. J. H. A review of methods for estimating mortality rates in fish populations, with special reference to sources of bias in catch sampling / R. J. H. Beverton, S. J. Holt // Rapp. P.-V. Reun. Cons. Perm Int. Explor. Mer. 1956. 140. P. 67–83.
10. Beverton R. J. H. On the dynamics of exploited fish populations / R. J. H. Beverton // U. K. Min. Agric. Fish, Fish. Invest. 1957, Ser. 2. 19. P. 533.
11. Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных) / И. Ф. Правдин. М.: Пищ. пром-сть, 1966. 376 с.
12. Недошивин А. Я. Инструкция по определению пола, степени зрелости половых продуктов у рыб / А. Я. Недошивин. М.: Пищепромиздат, 1936. С. 36.
13. Чугунова Н. И. Руководство по изучению возраста и роста рыб / Н. И. Чугунова. М.: Изд-во АН СССР, 1959. 163 с.
14. Шмальгаузен И. И. Рост животных / И. И. Шмальгаузен. М.; Л.: Биомедгиз, 1935. С. 8–60.
15. Зыков Л. А. Биоэкологические и рыбохозяйственные аспекты теории естественной смертности рыб / Л. А. Зыков. Астрахань: Изд-во Астрахан. гос. ун-та, 2005. 375 с.
16. Рикер У. Е. Методы оценки и интерпретация биологических показателей популяций рыб / У. Е. Рикер. М.: Пищ. пром-сть, 1979. 408 с.
17. Bertalanffy van L. A quantitative theory of organic growth / van L. Bertalanffy // Hum. Biol. 1938. Vol. 10. P. 181–213.
18. Knight W. Asymptotic growth: an example of nonsense disguised as mathematics / W. J. Knight // J. Fish. Res. Board Can. 1968. 25. P. 1303–1307.
19. Цепкин Е. А. О максимальных размерах и возрасте некоторых осетровых рыб / Е. А. Цепкин, Л. И. Соколов // Вопросы ихтиологии. 1971. Т. 11, вып. 3 (68). С. 541–542.
20. Беляева В. Н. Каспийское море: ихтиофауна и промысловые ресурсы / В. Н. Беляева, Е. Н. Казанцев, В. М. Распопов и др. М.: Наука, 1989. 236 с.



21. Лукашов В. Н. Метод расчета наименьшей промысловой меры на рыбу / В. Н. Лукашов // Биологические основы рыбного хозяйства и регулирование морского рыболовства: Тр. ВНИРО. Т. 71, вып. 2. С. 281–293.
22. Кудерский Л. А. Типы популяций промысловых рыб / Л. А. Кудерский // Динамика численности промысловых рыб. М.: Наука, 1986. С. 231–245.
23. Кудерский Л. А. Динамика стад промысловых рыб внутренних водоемов / Л. А. Кудерский. М.: Наука, 1991. 150 с.
24. Тюрин П. В. Фактор естественной смертности рыб и его значение при регулировании рыболовства / П. В. Тюрин // Вопросы рыболовства. 1962. Т. 2, вып. 3 (24). С. 403–428.
25. Graham M. Overfishing and optimum fishing / M. Graham // Rapp. P.-V. Reun. Cons. Perm. Int. Explor. Mer. 1952. 132. P. 72–78.
26. Parrish B. B. Haddock bionomics – I. The state of the haddock stocks in the North Sea, 1946–50, and at Faroe, 1914–50 / B. B. Parrish, R. Jones // Scott Home Dep. Mar Res. 1953. 4. P. 27.
27. Сливка А. П. Динамика численности северо-каспийской севрюги / А. П. Сливка, Г. Ф. Довгопол, С. С. Захаров // Биологическая продуктивность Каспийского и Азовского морей: сб. науч. тр. ВНИРО. М.: ВНИРО, 1982. С. 64–75.
28. Вещев П. В. Современное состояние нерестовой части популяции и естественного воспроизводства севрюги *Acipenser stellatus* в Волге / П. В. Вещев, Г. Ф. Довгопол, Т. В. Озерянская // Вопросы рыболовства. 2007. Т. 8, № 4 (32). С. 623–640.
29. Малкин Е. М. Репродуктивная и численная изменчивость промысловых популяций рыб / Е. М. Малкин. М.: ВНИРО, 1999. 146 с.

#### REFERENCES

1. Meisner V. I. Metody regulirovaniia rybnogo promysla i printsipy ratsional'nogo rybnogo khoziaistva [Regulatory methods of fisheries and principles of rational fishery]. *Rybnoe khoziaistvo*, 1923, no. 4, pp. 3–28.
2. Baranov F. I. Rybolovstvo i predel'nyi vozrast ryb [Fishery and specific fish age]. *Biulleten' rybnogo khoziaistva*, 1925, no. 9, pp. 26–28.
3. Berdichevskii L. S. O neobkhodimosti biologicheskogo obosnovaniia minimal'nykh promyslovykh razmerov na ryb, dopuskaemykh k vylovu po pravilam rybolovstva [On the necessity of biological explanation of minimum commercial fish size accessible to catching according to the fishery laws]. *Rybnoe khoziaistvo*, 1960, no. 9, pp. 3–25.
4. Berdichevskii L. S. Biologicheskie osnovy ratsional'nogo vedeniia rybolovstva [Biological basis of rational fishery]. *Trudy Soveshchaniia ikhtologicheskoi komissii*, 1961, iss. 13, pp. 14–67.
5. Nikol'skii G. V. *Teoriia dinamiki stada ryb* [The theory of dynamics of fish stock]. Moscow, Nauka Publ., 1965. 378 p.
6. Tiurin P. V. Faktor estestvennoi smertnosti ryb i ego znachenie pri regulirovanii rybolovstva [Factor of natural fish mortality and its role in fishery regulation]. *Voprosy ikhtologii*, 1962, vol. 2, iss. 3 (24), pp. 403–427.
7. Tiurin P. V. Normal'nye krivye perezhivaniia i tempov estestvennoi smertnosti ryb kak teoreticheskaia osnova regulirovaniia rybolovstva [Standard curves of survival and rates of natural fish mortality as a theoretical basis of fishery regulation]. *Izvestiia GosNIORKh*, 1972, vol. 71, pp. 71–128.
8. Lukashov V. N. O naimen'shei promyslovoi mere na rybu [On the lowest measure to fish]. *Rybnoe khoziaistvo*, 1964, no. 11, pp. 27–30.
9. Beverton R. J. H., Holt S. J. A review of methods for estimating mortality rates in fish populations, with special reference to sources of bias in catch sampling. *Rapp. P.-V. Reun. Cons. Perm. Int. Explor. Mer.*, 1956, 140, pp. 67–83.
10. Beverton R. J. H., Holt S. J. On the dynamics of exploited fish populations. *U. K. Min. Agric. Fish, Fish. Invest.* 1957, Ser. 2, 19, p. 533.
11. Pravdin I. F. *Rukovodstvo po izucheniiu ryb (preimushchestvenno presnovodnykh)* [Guidelines on fish study]. Moscow, Pishchevaia promyshlennost', 1966. 376 p.
12. Nedoshivin A. Ia. *Instruktsiia po opredeleniiu pola, stepeni zrelosti polovykh produktov u ryb* [Instruction on sex determination, degree of fish sexual maturity]. Moscow, Pishchepromizdat, 1936. P. 36.
13. Chugunova N. I. *Rukovodstvo po izucheniiu vozrasta i rosta ryb* [Guideline on fish age and growth]. Moscow, Izd-vo AN SSSR, 1959. 163 p.
14. Shmal'gauzen I. I. *Rost zhivotnykh* [Animal growth]. Moscow – Leningrad, Biomedgiz, 1935, pp. 8–60.
15. Zikov L. A. *Bioekologicheskie i rybokhoziaistvennye aspekty teorii estestvennoi smertnosti ryb* [Bioecological and fishery aspects of the theory of natural fish mortality]. Astrakhan, Izd-vo Astrakhan. gos. un-ta, 2005. 375 p.
16. Riker U. E. *Metody otsenki i interpretatsiia biologicheskikh pokazatelei populiatsii ryb* [Methods of estimation and interpretation of biological parameters of fish populations]. Moscow, Pishchevaia promyshlennost' Publ., 1979. 408 p.

17. Bertalanffy van L. A quantitative theory of organic growth. *Hum. Biol.*, 1938, vol. 10, pp. 181–213.
18. Knight W. Asymptotic growth: an example of nonsense disguised as mathematics. *J. Fish. Res. Board Can.*, 1968, 25, pp. 1303–1307.
19. Tsepkin E. A., Sokolov L. I. O maksimal'nykh razmerakh i vozraste nekotorykh osetrovykh ryb [On maximum sizes and age of some sturgeons]. *Voprosy ikhtiologii*, 1971, vol. 11, iss. 3 (68), pp. 541–542.
20. Beliaeva V. N., Kazanchev E. N., Raspopov V. M. i dr. *Kaspiiskoe more: ikhtiofauna i promyslovye resursy* [The Caspian Sea: ichthyofauna and fishing resources]. Moscow, Nauka Publ., 1989. 236 p.
21. Lukashov V. N. Metod rascheta naimen'shei promyslovoi mery na rybu [Method of calculation of the lowest commercial size of fish]. *Biologicheskie osnovy rybnogo khoziaistva i regulirovanie morskogo rybolovstva. Trudy VNIRO*, vol. 71, iss. 2, pp. 281–293.
22. Kuderskii L. A. Tipy populatsii promyslovykh ryb [Types of commercial fish populations]. *Dinamika chislennosti promyslovykh ryb*. Moscow, Nauka Publ., 1986, pp. 231–245.
23. Kuderskii L. A. *Dinamika stad promyslovykh ryb vnutrennikh vodoemov* [Dynamics of commercial fish stocks in inland water reservoirs]. Moscow, Nauka Publ., 1991. 150 p.
24. Tiurin P. V. Faktor estestvennoi smertnosti ryb i ego znachenie pri regulirovanii rybolovstva [Factor of natural fish mortality and its role in fishery regulation]. *Voprosy rybolovstva*, 1962, vol. 2, iss. 3 (24), pp. 403–428.
25. Graham M. Overfishing and optimum fishing. *Rapp. P.-V. Reun. Cons. Perm. Int. Explor. Mer.*, 1952, 132, pp. 72–78.
26. Parrish B. B., Jones R. Haddock bionomics – I. The state of the haddock stocks in the North Sea, 1946–50, and at Faroe, 1914–50. *Scott Home Dep. Mar Res.*, 1953, 4, p. 27.
27. Slivka A. P., Dovgopol G. F., Zakharov S. S. Dinamika chislennosti severo-kaspiiskoi sevriugi [Dynamics of the number of the Northern Caspian stellate sturgeon]. *Biologicheskaiia produktivnost' Kaspiiskogo i Azovskogo morei. Sbornik nauchnykh trudov VNIRO*. Moscow, VNIRO, 1982, pp. 64–75.
28. Veshchev P. V., Dovgopol G. F., Ozerianskaia T. V. Sovremennoe sostoianie nerestovoi chasti populatsii i estestvennogo vosproizvodstva sevriugi *Acipenser stellatus* v Volge [Present state of spawning part of population and natural reproduction of stellate sturgeon *Acipenser stellatus* in the Volga]. *Voprosy rybolovstva*, 2007, vol. 8, no. 4 (32), pp. 623–640.
29. Malkin E. M. *Reproduktivnaia i chislennaia izmenchivost' promyslovykh populatsii ryb* [Reproductive and numerical variability of commercial fish populations]. Moscow, VNIRO, 1999. 146 p.

Статья поступила в редакцию 5.09.2013

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

**Сафаралиев Ильдар Абсатарович** – Каспийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства, Астрахань; старший научный сотрудник лаборатории осетровых рыб; safaraliev@kaspnirh.ru.

**Safaraliev Ildar Absatarovich** – Caspian Research Institute of Fisheries, Astrakhan; Senior Research Worker of the Laboratory of Sturgeon; safaraliev@kaspnirh.ru.