

АКВАКУЛЬТУРА И ИСКУССТВЕННОЕ ВОСПРОИЗВОДСТВО

УДК 639.2.03

**ОЦЕНКА ПРОМЫСЛОВОГО ВОЗВРАТА СТЕРЛЯДИ
ACIPENSER RUTHENUS НИЖНЕЙ ВОЛГИ ОТ МОЛОДИ
ИСКУССТВЕННОГО ВОСПРОИЗВОДСТВА**

© 2017 г. Л.А.Зыков*, Ю.В.Герасимов**, М.И.Абраменко***

*Астраханский филиал Казахстанского института экологического проектирования,
Астрахань, 414048

**Институт биологии внутренних вод РАН, пос. Борок, Ярославская обл., 152742

***Южный научный центр РАН, Ростов-на-Дону, 344006

E-mail: zukov_la@mail.ru

Поступила в редакцию 24.12.2016 г.

На основе модели, описывающей изменение численности поколений рыб в течение жизненного цикла, по данным линейно-весаго роста, продолжительности жизни, периодичности нереста, характеристикам полового созревания и коэффициентам естественной смертности, зависящей от возраста рыб, определен промысловый возврат стерляди нижней Волги, получаемый от молоди искусственного воспроизводства с учетом степени облова промыслового стада. Определены объемы искусственного воспроизводства, обеспечивающие получение улова стерляди заданной величины.

Ключевые слова: нижняя Волга, стерлядь, искусственное воспроизводство, численность, биомасса, популяция, промысловый возврат.

Стерлядь *Acipenser ruthenus* — ценный представитель семейства осетровых (Acipenseridae), широко распространенный в бассейнах рек Черного, Азовского, Каспийского, Балтийского, Белого, Баренцева и Карского морей. В отличие от других представителей этого семейства, ведущих проходной образ жизни, стерлядь является типично пресноводным видом, обитающим во внутренних континентальных водоемах (озерах, реках и водохранилищах) разных климатических зон. Для стерляди характерна широкая экологическая пластичность, проявляющаяся в значительной географической протяженности занимаемого ареала, изменчивости роста и полового созревания. В разных районах обитания она способна образовывать локальные экологические группировки более низких таксономических рангов, связанные с особенностями условий существования (Берг, 1948; Кожин, 1970; Казанчев, 1981; Беляева и др., 1989).

В Волго-Каспийском бассейне, на участке р. Волга ниже плотины Волжской

ГЭС, обитает полупроходная форма стерляди (Берг, 1948; Казанчев, 1981; Беляева и др., 1989). Нерест нижеволжской стерляди происходит весной на гравийно-каменистых русловых грядах нижней Волги (Кожин, 1970), нагул — в пойменно-русловой системе, дельте, авандельте, а также в прибрежных распресненных районах волжского предустьевого пространства, включая северокаспийское мелководье. Южной границей ареала стерляди в северной части Каспийского моря являются изобаты с соленостью 4,5‰, очень редко она встречается в уловах над глубинами с соленостью до 7,7‰ (Беляева и др., 1989; Распопов и др., 2013). Это естественный физиологический порог устойчивости стерляди к водно-солевому режиму как генеративно пресноводного вида (соленость морских вод Среднего и Южного Каспия — 11,6–12,5‰). В Каспийском бассейне стерлядь также встречается в р. Урал, Терек, Кура и отсутствует в реках Ирана.

По образу питания стерлядь является типичным бентофагом, потребляющим личи-

нок насекомых, ракообразных, мелкие формы двустворчатых и брюхоногих моллюсков, червей, икру рыб и др. (Казанчеев, 1981; Иванов, Комарова, 2012; Распопов и др., 2013). Зимует она на русловых ямах речного фарватера протяженностью 150–400 м с глубинами 10–22 м, расположенных на всем протяжении нижней Волги. На зимовальных ямах стерлядь вместе с другими зимующими рыбами залегает в несколько слоев, оставаясь в малоподвижном, близком к анабиозу состоянии (Берг, 1948; Казанчеев, 1981; Беляева и др., 1989; Калмыков, 2005).

В начале XX столетия уловы стерляди на нижней Волге сохранялись на уровне 1,5–2,0 тыс. т (Берг, 1948). После зарегулирования стока Волги (1958 г.) ее вылов значительно сократился и в последние годы не превышает 5–10 т. Снижение запасов и уловов стерляди в последние десятилетия произошло из-за ухудшения условий ее естественного воспроизводства, вызванного гидростроительством, а также за счет резко возросшего в начале 1990-х гг. и сохраняющегося до настоящего времени широкомащштабного речного и морского браконьерства (Зыкова и др., 2000; Зыкова, 2004; Власенко, 2008). Численность стерляди на нижней Волге в настоящее время находится на критически низком историческом уровне, а сама популяция — на грани исчезновения. В таком же состоянии находятся запасы стерляди в бассейнах других рек — Дона, Днепра, Северной Двины, Камы и др. (Калмыков, 2005; Иванов, Комарова, 2012; Распопов и др., 2013).

Стерлядь — ценная деликатесная рыба, обладающая высокими вкусовыми качествами с возможностью получения от взрослых рыб пищевой черной икры. Она очень жизнестойка, вынослива и неприхотлива, поэтому может стать перспективным объектом рыборазведения не только в естественных водоемах аридной зоны Волго-Каспийского региона, но также в водоемах других климатических зон занимаемого ареала.

Цель наших исследований — определение величины промыслового возврата

стерляди от молоди искусственного воспроизводства, знание которой необходимо для решения ряда важных задач, связанных с восстановлением, сохранением, рациональным использованием рыбных запасов и разработкой научных основ организации и ведения на водоемах управляемого рыбного хозяйства. Несмотря на актуальность проблемы, сведения о промысловом возврате стерляди от молоди искусственного воспроизводства в литературе отсутствуют. Имеются лишь ограниченные данные о том, что промысловый возврат от искусственно выращиваемой молоди волго-каспийских осетровых составляет около 0,03, или 3% (Марти, 1974).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материалом для работы послужили литературные данные по линейному и весовому росту, размерам, возрасту полового созревания, максимальным биологическим размерам, продолжительности жизни, возрастной структуре, периодичности нереста и темпам полового созревания нижеволжской стерляди (Берг, 1948; Хорошко, 1967; Кожин, 1970; Казанчеев, 1981; Беляева и др., 1989; Калмыков, 2005; Иванов, Комарова, 2012; Распопов и др., 2013).

Численность и биомассу поколений стерляди, образующихся от молоди искусственного воспроизводства, рассчитывали с помощью модели, описывающей изменение численности поколений рыб на протяжении жизненного цикла (Зыков, 2005, 2006, 2008, 2011; Зыков, Распопов, 2007; Зыков и др., 2013 а, б; 2015; Зыкова и др., 2013):

$$N_t = R_{0,5} (1 - v_{m1} - v_{f1}) (1 - v_{m2} - v_{f2}) (1 - v_{m_t} - v_{f_t}), \quad (1)$$

где N_t — численность поколения стерляди в возрасте t ; $R_{0,5}$ — количество сеголеток стерляди, выпущенных в реку из рыбопитомника; $v_{m_1}, v_{m_2} \dots v_{m_t}, v_{f_1}, v_{f_2} \dots v_{f_t}$ — действительные коэффициенты годичной естественной и промысловой смертности поколения стерляди в возрасте t .

При проведении расчетов предполагалось, что в соответствии с требованиями рационального рыбного хозяйства (Тюрин, 1963, 1967, 1968, 1972, 1974) добыча стерляди в течении года на водоемах не ведется и осуществляется только в реке в весенне-летний период на путях сезонных нерестовых миграций. При такой организации промысла вылавливаемая стерлядь содержит зрелую икру, ее рыночная стоимость становится максимальной, а стерляжий промысел — наиболее рентабельным. Добыча стерляди ведется орудиями лова с селективными характеристиками, исключаящими прилов молодки, которая обычно поднимается вверх по реке на места нагула вместе с идущими на нерест производителями. Селективная добыча производителей стерляди может регулироваться за счет промысловой меры на рыб и размера ячеи в используемых орудиях лова.

Понятия входящих в уравнение численности (1) действительных коэффициентов годичной естественной v_{m_t} , промысловой v_{f_t} и общей убыли v_{z_t} определяли исходя из соотношений (Риккер, 1979; Борисов, Залесских, 1980; Борисов, 1988; Зыков, 2005, 2011; Зыков и др., 2013; Зыкова и др., 2013):

$$v_{m_t} = \frac{n_{m_t}}{N_t}, \quad (2)$$

$$v_{f_t} = \frac{n_{f_t}}{N_t}, \quad (3)$$

$$v_{z_t} = \frac{n_{m_t} + n_{f_t}}{N_t} = \frac{n_{z_t}}{N_t}, \quad (4)$$

где n_{m_t} — число особей поколения стерляди в возрасте t , погибающих в течение года от действия естественных причин; n_{f_t} — число особей поколения в возрасте t , попавших в годовой улов (включая официальный, неучтенный и браконьерский вылов); n_{z_t} — общее количество рыб поколения возраста t , погибающих в течение года от совместного действия промысла и естественных причин.

Степень промыслового изъятия идущих на нерест производителей также определяли с помощью коэффициента промысловой

смертности нерестового стада, значение которого рассчитывали как:

$$v_{fn_t} = \frac{n_{f_t}}{n_{in}}, \quad (5)$$

где n_{in} — численность зашедших в реку производителей возраста t ; v_{fn_t} — коэффициент промысловой смертности производителей в возрасте t .

Количество зашедших на нерест в реку производителей n_{in} возраста t рассчитывали исходя из численности образующих запас поколений N_t , темпа их полового созревания и периодичности нереста:

$$n_{in} = \frac{\gamma}{\tau} N_t, \quad (6)$$

где γ — доля особей поколения, достигших половой зрелости и входящих в нерестовое стадо (коэффициент полового созревания поколений); τ — показатель периодичности нереста производителей: если нерест у рыб происходит ежегодно, то $\tau = 1$, если один раз в два года, то $\tau = 2$, если один раз в три года, то $\tau = 3$ и т.д.

Показатель периодичности нереста τ означает, что если нерест рыб происходит ежегодно ($\tau = 1$), то в размножении участвуют все особи поколений, достигшие половой зрелости. Если он происходит один раз в 2 года ($\tau = 2$), то в нересте участвует 50% половозрелых рыб, а остальные особи с гонадами промежуточных стадий зрелости пропускают нерест и нагуливаются в реке и море. При периодичности нереста один раз в 3 года ($\tau = 3$) в нерестовое стадо входит 33% общего числа половозрелых рыб, а оставшиеся 2/3, или 67%, нагуливаются, пропуская нерест, и т.д. Пропускающая нерест половозрелая часть популяции является резервом нерестового стада и не должна изыматься промыслом. Необходимо отметить, что пропускающая нерест и совершающая сезонные кормовые миграции стерлядь среди идущих на нерест производителей встречается сравнительно редко (Берг, 1948; Кожин, 1970; Распопов и др., 2013).

Численность нерестового стада стерляди N_n рассчитывали как сумму численно-

стей входящих в его состав производителей отдельных возрастных групп:

$$N_n = \sum_{t_p}^T n_{tn} \quad (7)$$

Из выражений (3), (5), (6) следует, что коэффициенты промысловой смертности поколений v_{f_t} и коэффициенты промыслового изъятия зашедших на нерест производителей v_{fn_t} связаны между собой соотношением:

$$v_{f_t} = \frac{\gamma}{\tau} v_{fn_t} \quad (8)$$

Из этого соотношения следует, что, если значения коэффициентов γ и τ стремятся к 1, величина коэффициента промысловой смертности нерестового стада v_{fn_t} приближается к коэффициенту промысловой смертности поколения v_{f_t} . Значение v_{f_t} увеличивается, если степень облова нерестового стада v_{fn_t} и темп полового созревания поколений γ возрастают, а периодичность нереста (число лет между двумя нерестами) τ снижается. Согласно имеющимся литературным данным (Берг, 1948; Беляева и др., 1989; Калмыков, 2005), нерест у стерляди не ежегодный и происходит один раз в 2–3 года.

Под промысловым возвратом в наших исследованиях понимается улов N_f , получаемый от поколения в течение периода его промысловой эксплуатации (Державин, 1922; Черфас, 1950; Кожин, 1951; Зыков, 1987, 2005, 2011; Зыкова и др., 2013; Зыков и др., 2013, 2015):

$$N_f = \sum_{t_f}^{T_f} n_{f_t} \quad (9)$$

где t_f и T_f — возраст начала и окончания периода промысловой эксплуатации поколения.

Улов стерляди n_{f_t} , получаемый от входящей в нерестовое стадо возрастной группы t , рассчитывали по формуле (5), исходя из ее численности n_{tn} и заданного значения коэффициента промысловой смертности нерестового стада v_{fn_t} :

$$n_{f_t} = v_{fn_t} n_{tn} \quad (10)$$

или с учетом соотношения (6), исходя из общей численности поколения N_t :

$$n_{f_t} = v_{fn_t} \frac{\gamma}{\tau} N_t \quad (11)$$

Под коэффициентом промыслового возврата K_f понимали отношение улова N_f , получаемого от поколения в период промысловой эксплуатации, к его начальной численности на стадии выпущенных в реку сеголеток $R_{0,5}$:

$$K_f = \frac{N_f}{R_{0,5}} \quad (12)$$

При этом необходимо отметить, что коэффициент промыслового возврата K_f в более широком смысле может рассчитываться также по отношению к численности поколения на других этапах и стадиях развития — к фонду отложенной икры, численности выклюнувшихся из икры или скатившихся с нерестилиц личинок, численности поколения в каждом последующем году существования и т.д. (Черфас, 1950; Кожин, 1951). Аналогом понятия промыслового возврата в натуральном выражении служит биостатистический вылов (Державин, 1922; Риккер, 1970 а, б, 1979; Засосов, 1976; Зыкова, Зыков, 1989), а коэффициент промыслового возврата по своему смыслу близок к понятию «улова на пополнение» (улова на рекрута) (Бивертон, Холт, 1969; Засосов, 1976; Риккер, 1979).

Кроме показателя промыслового возврата в наших исследованиях для оценки воспроизводительной способности популяции стерляди также использовали понятие «условной популяции N », образующейся от 1,0 млн экз. выпущенной на нагул молодежи (Зыков, 2005, 2011; Зыкова и др., 2013; Зыков и др., 2013а, 2015):

$$N = \sum_{t=0.5}^{T_f} N_t \quad (13)$$

Это — модельная популяция, у которой величина ежегодного пополнения $R_{0,5}$ постоянна и равна 1,0 млн экз. сеголеток, а коэффициенты общей, промысловой и естественной смертности могут изменяться в за-

висимости от заданных значений. Численность условной популяции рассчитывается как сумма численности остатков входящих в ее состав отдельных поколений.

Показатели биомассы получали путем перемножения показателей численности на соответствующие массы возрастных групп:

$$B_t = N_t W_t, \quad (14)$$

$$B_n = n_t W_t, \quad (15)$$

$$B_f = n_{ft} W_t, \quad (16)$$

$$Q = \sum_{t_0}^T B_t, \quad (17)$$

$$Q_n = \sum_{t_f}^T B_n, \quad (18)$$

$$Q_f = \sum_{t_f}^T B_f, \quad (19)$$

где B_t — биомасса поколения стерляди в возрасте t ; B_n — биомасса зашедших в реку производителей в возрасте t ; B_f — вылов возрастной группы, выраженный в весовых единицах; Q — биомасса популяции, образующейся от выпущенной заводской молоди; Q_n — биомасса нерестового стада; Q_f — промысловый возврат, выраженный в весовых единицах.

Коэффициенты естественной смертности v_{m_t} , входящие в модель численности (1), рассчитывали с помощью уравнения, описывающего изменение их значений в период жизненного цикла поколений в зависимости от возраста (Зыков, Слепокуров, 1983; Зыкова, Зыков, 1989; Зыкова, 1993; Зыков, 1986, 2005, 2006, 2011; Зыкова и др., 2013; Зыков и др., 2013б, 2015):

$$v_{m_t} = 1 - A t^k (T^k - t^k), \quad (20)$$

где A , k , T^k — константы.

Константы A , k , T^k уравнения естественной смертности (20) рассчитывали исходя из значений констант уравнений линейного и весового роста Шмальгаузена (1935) и

аллометрического соотношения длина—масса тела рыб:

$$l = q t^k, \quad (21)$$

$$W = \rho t^c, \quad (22)$$

$$W = \alpha l^\beta, \quad (23)$$

где l , W — длина и масса тела стерляди в возрасте t ; q , ρ , α — константы, численно характеризующие длину и массу тела годовиков, а также массу тела рыб при длине $l = 1$; k , c , β — константы, численно характеризующие относительную скорость линейного и весового роста стерляди в возрасте t или при длине l (Мина, Клевезаль, 1976; Зыков, 1986, 1987, 2005, 2006; Зыкова, 1993).

Константы уравнений линейного и весового роста (21)–(23) находятся между собой в соотношениях:

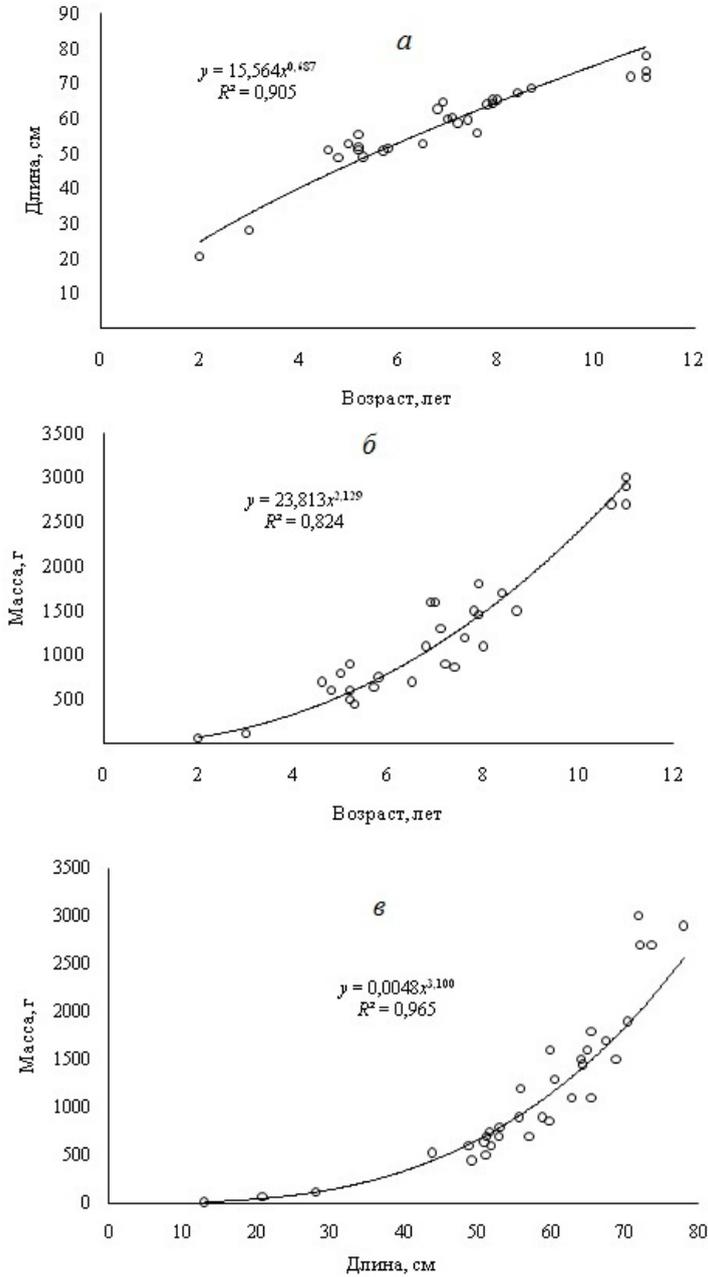
$$\rho = \alpha q^\beta, \quad (24)$$

$$c = \beta k. \quad (25)$$

Значения констант уравнений линейного и весового роста (21)–(23) рассчитывали на основе литературных данных о длине и массе тела стерляди в разных возрастах (Берг, 1948; Казанчеев, 1981; Беляева и др., 1989) с помощью статистического приложения пакета электронных таблиц «Microsoft Excel 2016».

Кривые линейного, весового роста и аллометрического соотношения длина — масса тела стерляди, рассчитанные по фактическим данным длины и массы тела в разных возрастах, показаны на рисунке.

Значения констант A , T^k уравнения естественной смертности (20) определяли с помощью значений констант q , k , c , β уравнений линейно-весового роста и размерно-возрастных показателей полового созревания стерляди по формулам (Зыков, 1986, 2005, 2006, 2011; Зыков и др., 2013а, 2015; Зыкова, Зыков, 1989; Зыкова, 1993; Зыкова и др. 2013):



Кривые линейного (а), весового (б) роста и аллометрического соотношения длина—масса (в) нижневожжской стерляди, построенные по фактическим данным длины и массы в разных возрастах на основе уравнений роста Шмальгаузена (1935).

$$A = \frac{1 - v_{mp}}{t_p^{2k}}, \quad (26) \quad t_p = \left(\frac{l_p}{q}\right)^{\frac{1}{k}}, \quad (29)$$

$$v_{mp} = 1 - e^{-M_p}, \quad (27) \quad T^k = \frac{L}{q} = \frac{2l_p}{q}, \quad (30)$$

$$M_p = \frac{\beta k}{t_p} = \frac{C}{t_p}, \quad (28) \quad T = \left(\frac{L}{q}\right)^{\frac{1}{k}}, \quad (31)$$

где v_{mp} — наименьшее значение коэффициента естественной смертности поколения стерляди в возрасте полового созревания; l_p и t_p — длина и возраст полового созревания, при достижении которых половозрелыми становятся 50% особей поколения; M_p — мгновенный коэффициент естественной смертности в возрасте полового созревания; L — максимальная биологическая длина рыб в популяции $L = 2l_p$; T — максимальный теоретический возраст рыб (Зыков, 1986, 2005, 2011; Зыков и др., 2015).

Согласно литературным данным (Берг, 1948; Кожин, 1970; Казанчеев, 1981; Беляева и др., 1989), половое созревание стерляди происходит в возрасте 3–7 лет при длине 34–65 см. Исходя из этих показателей в расчетах было принято, что средний возраст стерляди, при котором половозрелыми становятся 50% особей поколений, составляет 5 лет, а средняя длина половозрелых особей, определенная по размерному составу (левая часть кривых улова нерестового стада), соответствует $l_p = 50$ см.

По литературным данным (Берг, 1948; Казанчеев, 1981; Беляева и др., 1989; Калмыков, 2005; Иванов, Комарова, 2012; Распопов и др., 2013) максимальная наблюдаемая биологическая длина стерляди на нижней Волге составляет 80–100 см, максимальная масса тела — 6,2–8,1 кг, возраст — 13 лет. При этом необходимо отметить, что между размерами 50% особей, достигших полового созревания $l_p = 50$ см, и максимальной биологической длиной стерляди $L = 100$ см сохраняется соотношение Фультон–Дрягина (Fulton, 1904; Дрягин, 1934, 1948), согласно которому половое созревание рыб в среднем происходит при достижении особями около $1/2$ характерных для вида или популяции максимальных биологических размеров, т.е. при $l_p = 0,5L$.

В соответствии с размерно-возрастным составом и характеристиками полового созревания заходящих на нерест производителей (Берг, 1948; Кожин, 1970; Калмыков, 2005) при расчете возрастной структуры, численности и биомассы нерестового стада

было принято, что в возрасте 3 лет половозрелыми становятся 10% особей поколений ($\gamma = 0,1$), в 4 года — 30% ($\gamma = 0,3$), в 5 лет — 50% ($\gamma = 0,5$), в 6 лет — 70% ($\gamma = 0,7$), в 7 лет — 90% ($\gamma = 0,9$), в возрасте 8 лет половой зрелости достигают 100% особей поколений ($\gamma = 1,0$).

Значения констант и параметров уравнений роста (21)–(23) и естественной смертности нижеволжской стерляди (20), (26)–(31), рассчитанные по данным линейно-весаго роста и характеристикам полового созревания, показаны в табл. 1.

Эти константы и параметры были использованы при расчете численности и биомассы поколений стерляди, образующихся от молоди искусственного воспроизводства, а также при определении промыслового возврата, получаемого от этих поколений в период их промысловой эксплуатации.

Таблица 1. Значения констант и параметров уравнений роста и естественной смертности стерляди нижней Волги

Константа, параметр	Значение
q	15,564
k	0,687
α^*	0,0048
β	3,100
ρ	23,813
C	2,129
l_p	50,000
L	100,000
t_p	5,471
T	15,013
M_p	0,389
v_{mp}	0,322
T^k	6,425
A^*	0,0657

Примечание. *Константы, требующие повышенной точности вычисления.

Согласно проведенным расчетам (табл. 1), теоретический возраст 50%-ного полового созревания стерляди составил $t_p = 5,47$ года, максимальный теоретический возраст $T = 15,01$ года, максимальная длина $L = 100$ см, максимальная масса тела особей $W_m = 7607,5$ г. Полученные с помощью теоретических уравнений показатели t_p , T , L , W_m оказались достаточно близкими к их фактическим значениям. При этом расчетная длина годовиков $q = 15,564$ см также оказалась близкой к наблюдаемой — 16,5 см (Берг, 1948; Хорошко, 1967; Кожин, 1970).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Абсолютный возрастной состав, численность и биомасса условной популяции стерляди, образующейся от 1,0 млн экз. выращенной молоди, а также абсолютная возрастная структура нерестового стада, годовичная естественная убыль и величина получаемого от популяции промыслового возврата, рассчитанные с помощью модели численности (1), показаны в табл. 2. При проведении расчетов принималось, что нерест у стерляди не ежегодный и происходит один раз в два года, а коэффициент промыслового изъятия зашедших в реку производителей близок к оптимальному (Тюрин, 1972) и составляет $v_{fnt} = 0,3$, или 30%.

Расчеты показали, что при 2-летней периодичности нереста и 30%-ном промысловом изъятии нерестового стада от 1,0 млн экз. выращиваемой на заводах молоди образуется условная популяция стерляди общей численностью 1556,3 тыс. экз. и биомассой 130,8 т (табл. 2). Своей максимальной биомассы поколения стерляди достигают в средних возрастах, близких к возрасту 50%-ного полового созревания $t_p = 5,47$ года. От 1,0 млн экз. искусственно выращенной молоди образуется нерестовое стадо стерляди численностью 29,93 тыс. экз. и биомассой 30,6 т, что составляет 1,92% от общей численности и 23,4% от общей биомассы популяции (табл. 2). Численность и биомасса половоз-

релой части популяции при 2-летней периодичности нереста остаются в два раза выше значений этих показателей нерестового стада. Промысловый возврат стерляди, получаемый от 1,0 млн экз. выращенной молоди, равен 8,979 тыс. экз. и 9,178 т (30% численности и биомассы нерестового стада), а коэффициент промыслового возврата стерляди от заводской молоди, рассчитанный по формуле (12), составляет $K_f = 0,00898$, или 0,898 % (табл. 2).

При 2-летней периодичности нереста ($\tau = 2$) и степени облова нерестового стада 30% ($v_{fnt} = 0,3$) годовичная абсолютная общая убыль условной популяции стерляди, выраженная суммой годовичных промысловых (8,98 тыс. экз.) и естественных (911,1 тыс. экз.) потерь, соответствует величине годового пополнения $R_{0,5} = 1,0$ млн экз. (табл. 2) и отвечает требованию баланса численности при устойчивом состоянии используемых промыслом популяций (Зыкова, 1993; Зыков, 2005). Коэффициент годовичной общей убыли условной популяции стерляди при этом составляет 64,3% ($v_z = 0,643$), коэффициент естественной — 63,7% ($v_m = 0,637$), промысловой — 0,577% ($v_f = 0,00577$). При этом годовичная абсолютная естественная убыль популяции — 911,1 тыс. экз. — намного превышает абсолютную годовичную убыль рыб от вылова — 8,98 тыс. экз. (табл. 2).

Общие годовичные потери биомассы популяции стерляди от вылова и действия естественных причин составляют 88,8 т, или 67,9% от общей биомассы (табл. 2). Годовичная естественная убыль биомассы популяции при этом составляет 79,8 т и значительно превышает величину годового улова — 9,178 т (табл. 2). Годовичные общие потери численности популяции компенсируются величиной годового пополнения $R_{0,5}$, а годовичная общая убыль биомассы — валовым годовым приростом (продукцией) биомассы популяции (Зыков, 2005).

Как показали выполненные расчеты (табл. 2), самые высокие абсолютные годовичные естественные потери численности и биомассы у поколений стерляди наблюдаются в

Таблица 2. Расчет промыслового возврата стерляди от молоди искусственного воспроизводства ($R_{0,5} = 1,0$ млн экз, $v_{m_i} = 0,3$, $\tau = 2$)

Возраст t , лет	Длина l , см	Масса W , кг	v_{m_i}	Поколение (условная популяция)	Нерестовое стадо	Вылов	Естественная смертность
0,1	3,2	0	0,735	1000,000/0,177	0/0	—/—	735,483/10,792
1,1	16,6	0,029	0,543	264,517/7,716	0/0	—/—	143,529/10,385
2,1	25,9	0,116	0,431	120,987/13,979	0/0	—/—	52,118/9,910
3,1	33,8	0,265	0,365	68,869/18,232	3,443/0,912	1,033/0,385	25,110/9,351
4,1	41,0	0,480	0,331	42,725/20,511	6,409/3,077	1,923/1,196	14,136/8,793
5,1	47,6	0,764	0,322	26,666/20,372	6,667/5,093	2,000/1,882	8,600/8,094
6,1	53,9	1,118	0,335	16,067/17,969	5,623/6,289	1,687/2,247	5,384/7,171
7,1	59,8	1,545	0,366	8,995/13,899	4,048/6,254	1,214/2,180	3,290/5,906
8,1	65,5	2,045	0,412	4,491/9,186	2,245/4,593	0,674/1,572	1,851/4,319
9,1	70,9	2,621	0,473	1,966/5,152	0,983/2,576	0,295/0,869	0,930/2,739
10,1	76,2	3,272	0,546	0,742/2,427	0,371/1,213	0,111/0,404	0,405/1,473
11,1	81,3	4,000	0,631	0,225/0,901	0,113/0,451	0,034/0,149	0,142/0,626
12,1	86,2	4,806	0,728	0,049/0,237	0,025/0,118	0,007/0,039	0,036/0,188
13,1	91,1	5,692	0,834	0,006/0,034	0,003/0,017	0,001/0,006	0,005/0,031
14,1	95,8	6,656	0,950	0/0,001	0/0	0/0	0/0,001
15,1	100,4	7,702	1,000	0/0	0/0	0/0	0/0
Всего	—	—	—	1556,306/130,793	29,930/30,594	8,979/9,178	991,021/79,779

первые годы жизни, затем они снижаются (табл. 2). Относительная скорость снижения численности рыб в поколениях, выраженная значениями коэффициента естественной смертности v_{m_i} , зависит от возраста и изменяется в течение жизни по U-образным кривым, минимум которых приходится на возраст полового созревания, а самые высокие значения — на начало и окончание жизненного цикла. Это соответствует современным теоретическим представлениям о зависимости значений коэффициентов естественной смертности от возраста рыб (Гулин, 1969, 1971а, б; Тюрин, 1972; Булгакова, Ефимов, 1982; Зыков, 1986, 1987, 2005, 2006; Зыкова, 1993; Максименко, Антонов, 2002; Зыкова и др., 2013). Наименьшее значение коэффициента естественной смертности

нижневолжской стерляди в возрасте полового созревания $t_p = 5,471$ года, рассчитанное на основе констант уравнений линейно-весового роста и характеристик полового созревания, составляет $v_{m_{it}} = 0,322$, или 32,2% (табл. 1, 2).

Соотношения (26)–(31) показывают, что на форму кривых естественной смертности и значения этих коэффициентов в разных возрастах влияют размеры l_p и возраст полового созревания t_p , относительная скорость линейного и весового роста, выраженная значениями констант k и C уравнений роста, а также стартовые размеры годовиков q (Зыков, 1986, 2005). В наших предыдущих исследованиях (Зыков, 2005) было показано, что длина годовиков q и относительная скорость линейного и весового роста рыб,

выраженная значениями констант уравнений роста k и $C = \beta k$, связаны между собой обратным соотношением. Естественная смертность поколений в период последующего существования во многом зависит от размеров, которых особи генераций достигают на первом году жизни. На внутривидовом межпопуляционном и внутривидовом генеративном уровнях более низкая естественная смертность молоди на первом году жизни и высокая выживаемость особей в последующий период наблюдаются у поколений, отличающихся более значительными размерами годовиков (Зыков, 2005, 2006). От более крупной молоди формируются более жизнестойкие поколения с пониженными годичными естественными потерями, высокой численностью и генеративной биомассой. Соответственно, более высоким остается получаемый от этих поколений промысловый возврат. Это необходимо учитывать при разработке и биологическом обосновании нормативов размерно-весовых показателей выращиваемой на заводах молоди. Изменчивость скорости линейно-весового роста характерна для многих видов рыб, включая стерлядь. Это также необходимо учитывать при расчете коэффициентов естественной смертности, численности и биомассы поколений стерляди, образующихся от молоди разной длины.

Из соотношений (6), (7), (10) следует, что величина получаемого от молоди промыслового возврата N_f зависит не только от первоначальной численности поколения $R_{0,5}$, но и от темпов их полового созревания γ , периодичности нереста τ и степени промыслового изъятия заходящих на нерест производителей v_{fn_i} . Влияние на величину промыслового возврата начальной численности поколений $R_{0,5}$ и темпа полового созревания γ достаточно очевидно: с увеличением значений этих показателей получаемый промысловый возврат увеличивается. Влияние на величину промыслового возврата стерляди периодичности нереста τ и коэффициента промыслового изъятия v_{fn_i} заходящих на нерест производителей показано в табл. 3, 4.

Расчеты показали, что периодичность нереста τ оказывает существенное влияние на величину промыслового возврата, численность и биомассу образующейся от молоди популяции стерляди (табл. 3). При увеличении показателя периодичности нереста с 1 до 3 лет и коэффициенте промысловой смертности нерестового стада $v_{fn_i} = 0,3$, или 30%, численность условной популяции стерляди, образующейся от 1,0 млн экз. выращиваемой молоди, увеличивается с 1541,6 до 1562,5 тыс. экз., или на 13,6%, а ее биомасса — с 108,2 до 141,7 т, или на 30,9%. Рост численности и биомассы популяции стерляди при увеличении показателя периодичности нереста τ происходит за счет того, что доля половозрелых рыб, пропускающих нерест, в популяции увеличивается, а количество участвующих в размножении производителей снижается. В результате при увеличении показателя периодичности нереста с 1 до 3 лет численность нерестового стада условной популяции снижается с 48,48 до 21,65 тыс. экз., а биомасса — с 41,5 до 23,2 т (табл. 3). Более низкое по численности нерестовое стадо стерляди дает меньший промысловый возврат, который соответственно снижается с 14,5 до 6,5 тыс. экз. и с 12,5 до 7,1 т (табл. 3). При снижении промысловых нагрузок на половозрелое стадо в популяции происходит накопление особей старших возрастных групп и средняя масса стерляди в уловах увеличивается с 0,857 до 1,1 кг (табл. 3). Поскольку вылов стерляди с увеличением периодичности нереста τ сокращается, коэффициент ее промыслового возврата K_f также снижается с 0,0145 (1,454%) до 0,0065 (0,649%) (табл. 3).

Необходимо отметить, что половые циклы стерляди нижней Волги к настоящему времени изучены недостаточно полно, а данные о периодичности ее нереста в литературе противоречивы (Берг, 1948; Казанчев, 1981; Беляева и др., 1989; Калмыков, 2005). Для уточнения величины этого важного биологического показателя, влияющего на численность нерестового стада и оценку значений ожидаемого промыслового возврата, необходимо провести специальные исследования.

Таблица 3. Влияние периодичности нереста τ на промысловый возврат, численность и биомассу условной популяции стерляди ($R_{0,5} = 1,0$ млн экз., $v_{fn_1} = 0,3$)

Периодичность нереста τ , лет	Популяция N/Q	Нерестовое стадо N_n/Q_n	Промысловый возврат N_f/Q_f	Средний вес в улове, кг	Коэффициент промыслового возврата K_f ,	
					ед.	%
	тыс. экз/ т					
1,0	1541,6/08,2	48,48/41,53	14,54/12,46	0,857	0,0145	1,454
2,0	1556,3/130,8	29,93/30,59	8,979/9,178	1,022	0,0090	0,898
3,0	1562,5/141,7	21,65/23,68	6,494/7,104	1,094	0,0065	0,649

Примечание. N, Q — численность и биомасса образующейся от молоди популяции; N_n, Q_n — численность и биомасса облавливаемого промыслом нерестового стада; N_f, Q_f — получаемый от запаса промысловый возврат.

Таблица 4. Влияние степени облова нерестового стада v_{fn_1} на промысловый возврат, численность и биомассу условной популяции стерляди ($R_{0,5} = 1,0$ млн экз., $\tau = 2$ года)

v_{fn_1} , ед.	Популяция N/Q	Нерестовое стадо N_n/Q_n	Промысловый возврат N_f/Q_f	Средний вес в улове, кг	Коэффициент промыслового возврата K_f ,	
					ед.	%
	тыс. экз/ т					
0,1	1569,7/155,2	35,46/41,73	3,546/4,17	1,177	0,0035	0,355
0,2	1562,5/141,7	32,47/35,53	6,494/7,11	1,094	0,0065	0,649
0,3	1556,3/130,8	29,93/30,59	8,979/9,18	1,022	0,0090	0,898
0,4	1550,8/121,9	27,75/26,63	11,101/10,65	0,959	0,0111	1,110
0,5	1546,0/114,4	25,87/23,41	12,937/11,70	0,905	0,0129	1,294
0,6	1541,6/108,2	24,24/20,77	14,543/12,46	0,857	0,0145	1,454
0,7	1537,7/102,9	22,80/18,57	15,962/13,00	0,814	0,0160	1,596
0,8	1534,2/98,4	21,54/16,74	17,229/13,39	0,777	0,0172	1,723
0,9	1530,9/94,4	20,41/15,19	18,370/13,67	0,744	0,0184	1,837

Примечание. v_{fn_1} — коэффициент промысловой смертности нерестового стада.

Дальнейшие расчеты показали, что степень промыслового изъятия поднимающихся на нерест производителей также влияет на величину промыслового возврата, численность и биомассу образующейся от молоди популяции стерляди.

Согласно выполненным расчетам при 2-летней периодичности нереста и увеличении коэффициента промысловой смертности нерестового стада v_{fn_1} с 0,1 до 0,9 (10–90%), численность условной популяции

стерляди снижается с 1569,7 до 1530,9 тыс. экз., или на 2,5%, а биомасса — с 155,2 до 94,4 т, или на 39,2%. При таком повышении промысловой смертности численность нерестового стада сокращается с 35,46 до 20,41 тыс. экз., т.е. на 42,4%, биомасса — с 41,73 до 15,19 т, или на 63,6% (табл. 4). Увеличение степени облова нерестового стада приводит к росту получаемого промыслового возврата стерляди от 3,546 до 18,37 тыс. экз., или от 4,17 до 13,67 т, но средняя масса стер-

ляди в уловах за счет сокращения в популяции доли старших возрастных групп снижается с 1,117 до 0,744 кг (табл. 4). При увеличении значений коэффициента промысловой смертности нерестового стада стерляди v_{fn_t} от 0,1 до 0,9 коэффициент промыслового возврата K_f увеличивается с 0,0035, или с 0,355%, до 0,0184, или 1,84%. Связь между коэффициентом промыслового изъятия производителей, численностью популяции и величиной промыслового возврата при этом носит нелинейный характер (табл. 4).

Проведенные таким образом расчеты показали, что периодичность нереста, темп полового созревания и степень промыслового изъятия заходящих на нерест производителей оказывают на величину промыслового возврата существенное влияние, что необходимо учитывать при расчете его ожидаемых значений.

В соответствии с результатами проведенных исследований (Зыков, 2011; Зыкова и др., 2013; Зыков и др., 2015) коэффициент промыслового возврата каспийской белуги в зависимости от периодичности нереста и промыслового изъятия нерестового стада может изменяться от 0,27 до 1,1%, каспийской севрюги — от 0,51 до 2,69%, русско-го осетра — от 0,616 до 3,123%, шипа — от 0,74 до 3,44%. Полученные в наших расчетах значения коэффициентов промыслового возврата стерляди изменяются от 0,355 до 1,837% и находятся в диапазоне колебаний значений этого показателя для волго-каспийских осетровых.

С помощью модели (1) методом итераций были рассчитаны объемы искусственного воспроизводства, обеспечивающие получение улова стерляди на уровне максимального (1,5 тыс. т), наблюдавшегося в начале прошлого века. При проведении расчетов было принято, что нерест стерляди происходит один раз в 2 года ($\tau = 2$), а коэффициент промысловой смертности нерестового стада v_{fn_t} составляет 0,3 (30%). Расчеты показали, что при таких заданных количественных характеристиках популяции ежегодные объемы искусственного вос-

производства стерляди, обеспечивающие получение промыслового возврата в размере 1,5 тыс. т, должны находиться на уровне 163,5 млн экз. Абсолютная численность искусственно сформированной популяции стерляди при этом составит 254,43 млн экз., ихтиомасса — 21,38 тыс. т, численность используемого промыслом нерестового стада — 4,89 млн экз., биомасса — 5,0 тыс. т, средняя масса стерляди в уловах — 1,02 кг, длина — 52,0 см.

Следует отметить, что в последние десятилетия в результате гидростроительства экологические условия существования стерляди на нижней Волге существенно ухудшились: сократились сроки весеннего половодья и уровни стояния паводковых вод, понизились площади заливания поймы и продолжительность нагула стерляди на высокопродуктивных кормовых угодьях пойменно-руслевой зоны. Эти изменения привели к сокращению площади нагула стерляди и снижению кормовых возможностей нагульного ареала.

С помощью изложенного подхода можно рассчитать объемы искусственного воспроизводства, обеспечивающие восстановление и последующее формирование запасов стерляди в соответствии с кормовой продуктивностью ее нагульного ареала на нижней Волге и в Северном Каспии. Для этого необходимо знать соотношение в восстанавливаемой популяции долей молодежи естественного и искусственного воспроизводства, качественный и количественный состав питания, скорость физиологического обмена, пищевые потребности используемой стерлядью кормовой базы (Мельничук, 1974, 1975, 1984, 1986; Винберг и др., 1986; Зыков, 2005, 2008, 2011; Алимов и др., 2013). Подход, реализованный на основе важнейших принципов продукционной биологии, позволит восстановить запасы стерляди в строгом соответствии с фактической кормовой продуктивностью ее нагульного ареала. Количественные характеристики популяций стерляди, образующихся от выращиваемой молодежи, можно рассчитать с помощью модели (1).

Важно отметить, что скорость линейно-весаго роста и характеристики полового созревания, которые определяют темпы естественной смертности стерляди в разных возрастах и влияют на численность и биомассу образующихся от молоди поколений и величину получаемого промыслового возврата, могут изменяться в зависимости от экологических условий существования. Для контроля и корректировки значений этих важных биологических показателей на водоемах необходимо организовать и регулярно вести соответствующие мониторинговые ихтиологические наблюдения и исследования.

Следует также отметить, что процесс восстановления запасов стерляди носит достаточно длительный характер, так как выпущенная из рыбопитомников молодь впервые становится половозрелой и приходит на нерест в среднем через 5 лет, а в нерестовое (промысловое) стадо в массе вступает через 7 лет (табл. 2). Особое внимание следует уделить разработке мер, направленных на расширение объемов искусственного воспроизводства стерляди в ближайшей перспективе и полное прекращение в Волго-Каспийском бассейне речного и морского браконьерства.

ВЫВОДЫ

1. Коэффициент промыслового возврата стерляди от молоди искусственного воспроизводства зависит от периодичности нереста производителей, степени облова нерестового стада, скорости линейно-весаго роста и может изменяться от 0,355 до 1,837%, при этом его величина находится в диапазоне колебаний значений этого показателя у волго-каспийских осетровых.

2. Величина промыслового возврата стерляди, полученного от молоди искусственного воспроизводства, зависит от количества выращиваемой молоди, скорости линейно-весаго роста, естественной смертности, темпов полового созревания, периодичности нереста и степени промыслового изъятия входящих на нерест производителей.

3. Промысловый возврат увеличивается, когда объемы выращивания молоди, темпы полового созревания и степень промыслового изъятия возрастают, а время между двумя нерестами сокращается.

4. Одним из важнейших факторов, определяющих численность и биомассу образующихся от молоди популяций, является естественная смертность. Годичные естественные потери снижаются, а численность и промысловый возврат стерляди повышаются, если средние размеры выращиваемой молоди увеличиваются.

5. Следует организовать и вести регулярные мониторинговые ихтиологические наблюдения за состоянием запасов и важнейшими биологическими характеристиками стерляди (рост, половое созревание, периодичность нереста, размеры и масса выращиваемой на заводах молоди и др.), которые используются для определения годичной естественной смертности, численности, биомассы формирующихся поколений и величины ожидаемого промыслового возврата.

6. Необходимо провести исследования по определению оптимальных объемов искусственного воспроизводства, обеспечивающих формирование запасов стерляди в соответствии с продукцией кормовой базы используемого ею нагульного ареала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алимов А.Ф., Богатов В.В., Голубков С.М. Продукционная гидробиология. СПб.: Наука, 2013. 342 с.

Беляева В.Н., Казанчев Е.Н., Распопов В.М. и др. Каспийское море. Ихтиофауна и промысловые ресурсы. М.: Наука, 1989. 234 с.

Берг Л.С. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. Ч. 1. М.: Изд-во АН СССР, 1948. 488 с.

Бивертон Р., Холт С. Динамика численности промысловых рыб. М.: Пищ. пром-сть, 1969. 248 с.

Борисов В.М. Ретроспективная оценка численности промысловых рыб на

- основе условных и действительных коэффициентов смертности // *Вопр. ихтиологии*. 1988. Т. 28. Вып. 6. С. 915–926.
- Борисов В.М., Залеских Л.М.* Оценка состояния запасов и степени промысловой эксплуатации печерской наваги // *Сборник научных трудов ВНИРО*. М.: Изд-во ВНИРО, 1980. С. 75–84.
- Булгакова Т.И., Ефимов Ю.Н.* Метод расчета величины возможного улова с учетом зависимости естественной смертности рыб от возраста // *Вопр. ихтиологии*. 1982. Т. 22. Вып. 2. С. 200–206.
- Винберг Г.Г., Алимов А.Ф., Уминов А.А., Норенко Д.С.* Продуктивность и рациональное использование озер Еравно-Харгинской системы // *Исследование взаимосвязи кормовой базы и рыбопродуктивности на примере озер Забайкалья*. Л.: Наука, 1986. 230 с.
- Власенко А.Д.* Проблемы воспроизводства запасов осетровых в Волге // *Тез. докл. конф. «Комплексный подход к проблеме сохранения биоресурсов Каспийского бассейна»*. Астрахань, 2008. С. 72–77.
- Гулин В.В.* Половая дифференциация коэффициентов естественной смертности и соотношение половозрелых самцов и самок в различных возрастных группах промыслового стада рыб // *Изв. ГосНИОРХ*. 1969. Т. 65. С. 71–84.
- Гулин В.В.* Вопросы рационального регулирования промысла на внутренних водоемах // *Там же*. 1971а. Т. 73. С. 3–26.
- Гулин В.В.* Теоретическое обоснование и практическая разработка методов оценки общей, промысловой и естественной смертности у рыб // *Там же*. 1971б. Вып. 73. С. 239–251.
- Державин А.Н.* Севрюга *Acipenser stellatus*. Биологический очерк // *Изв. Бакин. ихтиол. лаб.* 1922. Т. 1. 393 с.
- Дрягин П.А.* Размеры рыб при наступлении половой зрелости // *Рыб. хоз-во*. 1934. №4. С. 27–29.
- Дрягин П.А.* Об определении потенциального роста и потенциальных размеров рыб // *Изв. ГосНИОРХ*. 1948. Т. 29. С. 56–64.
- Засосов А.В.* Динамика численности промысловых рыб. М.: Пищ. пром-сть, 1976. 312 с.
- Зыков Л.А.* Метод оценки естественной смертности, дифференцированной по возрасту рыб // *Сб. науч. тр. ГосНИОРХ*. 1986. Вып. 243. С. 14–21.
- Зыков Л.А.* Биоэкологические и рыбохозяйственные аспекты теории естественной смертности рыб. Астрахань: Изд-во Астрахан. госун-та, 2005. 373 с.
- Зыков Л.А.* Определение объемов искусственного воспроизводства каспийского лосося, обеспечивающих формирование его запасов в соответствии с кормовой продуктивностью Каспийского моря // *Тез. докл. конф. «Комплексный подход к проблеме сохранения биоресурсов Каспийского бассейна»*. Астрахань, 2008. С. 355–356.
- Зыков Л.А.* Оценка промыслового возврата каспийской белуги *Huso huso* L. от молоди искусственного воспроизводства // *Вопр. рыболовства*. 2011. № 2. С. 64–86.
- Зыков Л.А., Распопов В.М.* Опыт оценки перспективных объектов искусственного воспроизводства на основе биологических характеристик популяций // *Тр. Междунар. симп. «Тепловодная аквакультура и биологическая продуктивность водоемов аридного комплекса»*. Астрахань, 2007. С. 263–268.
- Зыков Л.А., Слепокуров В.А.* Уравнение для оценки коэффициентов естественной смертности рыб (на примере пеляди оз. Ендырь-Согомский) // *Рыб. хоз-во*. 1983. №3. С. 36–37.
- Зыков Л.А., Зыкова Г.Ф., Абраменко М.И.* Оценка промыслового возврата русского осетра *Acipenser gueldenstaedtii* от молоди искусственного воспроизводства // *Вопр. рыболовства*. №3. 2013. С. 460–477.
- Зыков Л.А., Пономарева Е.Н., Сорокина М.Н.* Методика определения промыслового возврата от молоди рыб искусственного воспроизводства: препринт-рекомендация. Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2013. 32 с.

- Зыков Л.А., Казанский А.Б., Абраменко М.И. Расчет промыслового возврата шипа Каспийского моря *Acipenser nudiiventris* от молоди искусственного воспроизводства // Вопр. рыболовства. 2015. Т. 16. № 2. С. 148–159.
- Зыкова Г.Ф. Продукция сибирской плотвы реки Обь // Вопр. ихтиологии. 1993. Т. 33. Вып. 6. С. 799–803.
- Зыкова Г.Ф. Разработка методов и подходов к оценке незаконного изъятия осетровых рыб // Матер. II Междунар. семинара «Методы оценки запасов осетровых и определения ОДУ». Астрахань, 2004. С. 111–113.
- Зыкова Г.Ф., Зыков Л.А. К методике определения промыслового возврата сиговых, выращиваемых в магистральных рыбобпитомниках р. Оби // Изв. ГосНИОРХ. 1989. Т. 302. С. 38–47.
- Зыкова Г.Ф., Журавлева О.Л., Красиков Е.В. Оценка неучтенного и браконьерского вылова русского осетра в р. Волге и Каспийском море // Матер. Междунар. конф. «Осетровые на рубеже XXI в.». Астрахань, 2000. С. 54–56.
- Зыкова Г.Ф., Зыков Л.А., Климов Ф.В. Оценка промыслового возврата каспийской севрюги *Acipenser stellatus* от молоди искусственного воспроизводства // Вопр. рыболовства. 2013. №2. С. 303–320.
- Иванов В.П., Комарова Г.В. Рыбы Каспийского моря. Астрахань: Изд-во АГТУ, 2012. 255 с.
- Казанчев Е.Н. Рыбы Каспийского моря. М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1981. 167 с.
- Калмыков В.А. Миграции, распределение, структура популяции и запасы стерляди (*Acipenser ruthenus* L) нижней Волги: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М.: ИПЭЭ РАН, 2005. 24 с.
- Кожин Н.И. Коэффициент промыслового возврата // Тр. ВНИРО. 1951. Т. 19. С. 22–29.
- Кожин Н.И. Стерлядь и воспроизводство ее запасов // Тр. ЦНИОРХ. 1970. Т. 2. С. 28–71.
- Максименко В.П., Антонов Н.П. Оценка естественной смертности у морских промысловых популяций рыб Камчатского шельфа // Вопр. рыболовства. 2002. № 3. С. 450–463.
- Марти Ю.Ю. Биологическая продуктивность Каспийского моря М.: Наука, 1974. 246 с.
- Мельничук Г.Л. Методическое пособие по изучению питания и пищевых отношений рыб в естественных условиях. Л.: Изд-во ГосНИОРХ, 1974. 253 с.
- Мельничук Г.Л. Экология питания, пищевые потребности и баланс энергии молоди рыб водохранилищ Днепра // Изв. ГосНИОРХ. 1975. Т. 101. 246 с.
- Мельничук Г.Л. Некоторые аспекты современного изучения питания рыб во внутренних водоемах // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. 1984. Вып. 222. 36 с.
- Мельничук Г.Л. Методические рекомендации по применению современных методов изучения питания рыб и расчета рыбной продукции по кормовой базе в естественных водоемах. Л.: Изд-во ГосНИОРХ, 1986. 38 с.
- Мина М.В., Клевезаль Г.А. Рост животных, анализ на уровне организма. М.: Наука, 1976. 291 с.
- Распопов В.М., Пономарев С.В., Мищенко А.В. Стерлядь реки Волги. Астрахань: Изд-во АГТУ, 2013. 180 с.
- Риккер У.Е. Биостатистический метод А.Н. Державина // Рыб. хоз-во. 1970а. №10. С. 6–9.
- Риккер У.Е. Биостатистический метод А.Н. Державина // Там же. 1970б. №11. С. 5–7.
- Риккер У.Е. Методы оценки и интерпретация биологических показателей популяций рыб. М.: Пищ. пром-сть, 1979. 408 с.
- Тюрин П.В. Биологические обоснования регулирования рыболовства на внутренних водоемах. М.: Пищ. пром-сть, 1963. 78 с.
- Тюрин П.В. Биологические обоснования оптимального коэффициента вылова и допустимого предела прилова молоди ценных рыб // Тр. ВНИРО. 1967. Т. 62. С. 26–37.

Тюрин П.В. Биологические обоснования правил регулирования рыболовства во внутренних водоемах // Вопр. ихтиологии. 1968. Т. 8. Вып. 3(50). С. 248–295.

Тюрин П.В. Нормальные кривые переживания и темпов естественной смертности рыб как основа регулирования рыболовства // Изв. ГосНИОРХ. 1972. Т. 71. С. 71–127.

Тюрин П.В. Теоретические основания рационального регулирования рыболовства // Там же. 1974. Т. 86. С. 7–25.

Хорошко П.Н. Стерлядь Нижней Волги // Тр. ЦНИОРХ. 1967. Т. 1. Осетровые СССР и их воспроизводство. С. 103–108.

Черфас Б.И. Рыбоводство в естественных водоемах. М.: Пищ. пром-сть, 1950. 215 с.

Шмальгаузен И.И. Рост животных. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1935. С. 8–60.

Fulton T.W. The rate of growth of fishes // Annu. Rept. Fish. Board Scotland. 1904. V. 22. № 3. P. 141–241.

**ESTIMATION OF COMMERCIAL RETURN STERLET
ACIPENSER RUTHENUS LOVER VOLGA FROM YOUNG FISH
OF ARTIFICIAL REPRODUCTION**

© 2017 y. L.A.Zykov*, Yu.V.Gerasimov**, M.I.Abramenko***

*Astrakhan branch of the Kazakh Institute of Environmental Design, Astrakhan 414041

** I.D. Papanin Institute for Biology of Inland Waters Russian Academy of Sciences,
Borok, Yaroslavl region, 152742

***Southern Scientific Centre, Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, 344006

Based on the model, describing the change in abundance and biomass generation of fish during its life cycle, defined commercial return from the young stud artificial reproduction with the rate of sexual maturation, spawning frequency, depending on the age of natural mortality and fishing on the degree of its constituent individuals. The role of artificial reproduction in the formation of the population sterlet in the period 1970-1980-ies. Recommendations on the restoration and management of stocks.

Keywords: Caspian sterlet, artificial reproduction, number, a biomass, population, trade return.