

АКВАКУЛЬТУРА И ИСКУССТВЕННОЕ ВОСПРОИЗВОДСТВО

УДК 639.2.03

ОЦЕНКА ПРОМЫСЛОВОГО ВОЗВРАТА КАСПИЙСКОЙ БЕЛУГИ *HUSO HUSO* (L.) ОТ МОЛОДИ ИСКУССТВЕННОГО ВОСПРОИЗВОДСТВА

© 2011 г. Л.А. Зыков

*Астраханский филиал Казахского института экологического
проектирования, Астрахань 414041*

Поступила в редакцию 16.03.2010 г.

Окончательный вариант получен 18.05.2010 г.

На основе модели, описывающей динамику численности используемого промыслом поколения в течение жизненного цикла, определен промысловый возврат белуги, получаемый от молоди искусственного воспроизводства с учетом коэффициентов естественной, промысловой смертности, темпов полового созревания и периодичности нереста входящих в его состав особей. Даны рекомендации по восстановлению и рациональному использованию запасов.

Ключевые слова: белуга, искусственное воспроизводство, численность, биомасса, популяция, промысловый возврат.

ВВЕДЕНИЕ

Белуга (*Huso huso* L.) – один из ценных представителей осетровых Каспийского моря. Ее уловы в Волго-Каспийском бассейне в прошедшем столетии колебались от 0,8-7,9 тыс. т, в среднем составляя 3,2 тыс. т (Бабушкин, 1964; Каспийское море..., 1989).

После зарегулирования стока р. Волги, значительная часть нерестилищ белуги была утрачена и, начиная с середины 1950-х гг., ее воспроизводство поддерживалось не только естественным, но и искусственным путем, за счет ежегодного выпуска в море 0,8-20,0, в среднем 7,8 млн. экз. мальков, выращиваемых на 8 осетровых рыбоводных заводах дельты р. Волги (Каспийское море..., 1989). Несмотря на меры искусственного воспроизводства, запасы белуги в последние десятилетия устойчиво сокращались и ее уловы в настоящее время не превышают десятков тонн (Романов и др., 2006). Основной причиной снижения запасов белуги стал высокоинтенсивный морской браконьерский промысел осетровых в Каспийском море (Зыкова, 2004; Власенко, 2008).

Из-за низкой численности заходящих на нерест производителей естественное воспроизводство белуги в последние годы практически полностью прекратилось (Ходоревская и др., 2002; Романов и др., 2006). В этих условиях дальнейшее сохранение и восстановление ее запасов, вместе с полной ликвидацией браконьерства, становится возможным только за счет мероприятий искусственного воспроизводства. Несмотря на актуальность проблемы, научно-обоснованные оценки промыслового возврата белуги от молоди искусственного воспроизводства в литературе отсутствуют.

Целью наших исследований было определение значений коэффициентов промыслового возврата белуги от заводской молоди на основе модели, описывающей динамику численности и биомассы используемых промыслом поколений в течение жизненного цикла (Зыкова, Зыков, 1989; Зыков, 2005, 2006, 2008; Зыков и др., 2006; Зыков, Зыкова, 2007).

При построении модели предполагалось, что промысел белуги в море (узаконенный и браконьерский) не ведется и осуществляется только в реке,

базируясь на заходящих на нерест производителях. При такой организации промысла вылавливаемая рыба, из-за наличия зрелой икры, имеет наиболее высокую товарную ценность, а промысел остается наиболее рентабельным. Для оценки промыслового возврата белуги в условиях ведения современного морского широкомасштабного браконьерского промысла, должны использоваться несколько иные математические модели, которые в данном сообщении не рассматриваются.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материалом для исследований послужили литературные данные по линейно-весовому росту, характеристикам полового созревания, продолжительности жизни, объемам искусственного воспроизводства и уловам белуги за ряд лет (Бабушкин, 1964; Каспийское море..., 1989).

В наших исследованиях под промысловым возвратом понимали улов, получаемый от поколения в течение периода его промысловой эксплуатации (Державин, 1922; Черфас, 1950; Кожин, 1951; Зыков, 1986).

Понятие коэффициента промыслового возврата определяли как отношение промыслового возврата к численности поколения на стадии выпущенного в реку малька, хотя его величина может рассчитываться по отношению к фонду отложенной на нерестилищах икры, числу скатившихся личинок и др. (Черфас, 1950; Кожин, 1951).

Аналогом понятия промыслового возврата служит биостатистическая (виртуальная) численность поколения (Державин, 1922; Риккер, 1970, 1979; Засосов, 1976), коэффициент промыслового возврата аналогичен понятию улова на единицу пополнения (Баранов, 1918; Бивертон, Холт, 1969; Засосов, 1976; Риккер, 1979).

Численность поколения, образующегося от молоди искусственного воспроизводства, рассчитывали с помощью модели (Зыков, 2005, 2006):

$$N_t = R_{0,5} (1 - v_{m_1} - v_{f_1}) (1 - v_{m_2} - v_{f_2}) \dots (1 - v_{m_t} - v_{f_t}); \quad (1),$$

где N_t – численность поколения в возрасте t ; $R_{0,5}$ – начальная численность поколения на стадии выращенного малька; v_{m_t}, v_{f_t} – соответственно, коэффициенты годичной естественной и промысловой убыли поколения в возрасте t .

Входящие в уравнение численности (1) коэффициенты годичной естественной v_m и промысловой v_f убыли определяли как (Зыков, 2005):

$$v_m = \frac{n_m}{N_t}; \quad (2), \quad v_f = \frac{n_f}{n_t}; \quad (3),$$

где n_m – количество особей поколения в возрасте t , погибающих в течение года от действия естественных причин; n_t – количество особей поколения в возрасте t , достигших половой зрелости и зашедших в реку на нерест (производители возраста t); n_f – общий годовой улов зашедшей в реку возрастной группы t ; включающий официальный, неучтенный и браконьерский вылов; $n_t = n_m + n_f$ – общее число особей поколения в возрасте t , погибающих в течение года в результате вылова и действия естественных причин (годовая общая убыль возрастной группы); v_t – коэффициент годичной общей убыли поколения в возрасте t .

Число зашедших на нерест производителей возраста t рассчитывали по формуле:

$$n_t = \frac{\gamma}{\tau} N_t; (4),$$

где γ – доля особей поколения, достигших половой зрелости (ед); τ – параметр, характеризующий периодичность нереста половозрелых особей: если нерест происходит ежегодно $\tau = 1$, если 1 раз в 2 года, $\tau = 2$, если 1 раз в 3 года, $\tau = 3$ и т.д.

По литературным данным (Бабушкин, 1964; Каспийское море..., 1989), половое созревание белуги происходит в возрасте 10,0-18,0 лет. С учетом возрастного состава заходящих на нерест производителей, в расчетах было принято, что в возрасте 10,0 лет созревает 10% ($\gamma = 0,1$), возрасте 11 лет – 20% ($\gamma = 0,2$), возрасте 12 лет – 30% ($\gamma = 0,3$), и т.д. особей поколения. В возрасте 19,0 лет и старше половозрелыми становятся все входящие в его состав особи ($\gamma = 1,0$) (табл. 1).

Таблица 1. Значения констант и параметров уравнений роста и естественной смертности каспийской белуги (*Huso huso* L.).

Table 1. Values of constants and parameters of Caspian husen's (*Huso huso* L.) growth and natural mortality.

Константы, параметры	q	k	α	β	p	C	l_p
Значения	57,52	0,4523	0,0011	3,29	677,9	1,4881	200,0
Константы, параметры	L	t_p	T	M_p	v_{np}	T^k	A
Значения	400,0	15,72	72,8	0,0946	0,090	6,954	0,0753

В соответствии с этими же данными (Бабушкин, 1964; Каспийское море..., 1989) нерест белуги происходит 1 раз в 3-5 лет. Исходя из этого, в расчетах было принято, что белуга нерестится 1 раз в 4 года, т.е. в формуле (4) $\tau = 4$. При такой периодичности нереста 25% половозрелых особей ежегодно участвует в размножении, а оставшиеся 75% находятся в море с половыми продуктами промежуточных стадий зрелости. В общем случае, если в (4) $\tau = 1$, в нересте участвует 100% половозрелых особей, при $\tau = 2$ на нерест приходит 50%, при $\tau = 3$ нерестится 33%, при $\tau = 5$ – 20% половозрелых рыб, и т.д.

Величину улова n_{f_t} , получаемого от используемой промыслом возрастной группы n_t , рассчитывали по заданному значению коэффициента промысловой убыли v_{f_t} из (3) как:

$$n_{f_t} = v_{f_t} n_t; (5)$$

или с учетом зависимости (4) как:

$$n_{f_t} = v_{f_t} \frac{\gamma}{\tau} N_t; (6).$$

Исходя из соотношений (5) и (6), понятия используемых в наших исследованиях коэффициентов промысловой v_{f_t} и общей смертности $v_{z_t} = v_{m_t} + v_{f_t}$ определяются как:

$$v_{f_t} = \frac{\tau}{\gamma} \frac{n_{f_t}}{N_t}; (7), \quad v_{z_t} = \frac{n_{m_t} + \frac{\tau}{\gamma} n_{f_t}}{N_t}; (8),$$

Промысловый возврат N_f , рассчитывали как сумму уловов, получаемых от отдельных возрастных групп поколения в период промысловой эксплуатации:

$$N_f = \sum_{t_f} n_{t_f} = \sum_{t_f} n_{t_f} v_{t_f}; \quad (9),$$

где t_f – возраст вступления поколения в промысловое стадо; T_f – максимальный возраст поколения в улове.

В наших исследованиях также использовалось понятие численности условной популяции N , которая образуется от 1,0 млн. экз. выращенной на заводах молоди при последовательном многолетнем выпуске (Зыков, 2005):

$$N = \sum_{t=0.5}^{T_f} N_t \quad (10).$$

Коэффициент промыслового возврата белуги K_f рассчитывали как отношение промыслового возврата N_f к численности поколения на стадии выращенного малька $R_{0.5}$:

$$K_f = \frac{N_f}{R_{0.5}}; \quad (11)$$

Переход к показателям биомассы осуществляли перемножением показателей численности на навески соответствующих возрастных групп:

$$B_t = N_t W_t; \quad (12), \quad B_n = n_t W_t; \quad (13), \quad B_{t_f} = n_{t_f} W_{t_f}; \quad (14),$$

$$Q = \sum_{t_0}^T B_t; \quad (15), \quad Q_n = \sum_{t_f}^T B_{n_t}; \quad (16), \quad Q_f = \sum_{t_f}^T B_{t_f}; \quad (17),$$

где B_t – биомасса поколения белуги в возрасте t ; B_n – биомасса зашедших в реку производителей в возрасте t ; B_{t_f} – вылов возрастной группы производителей, выраженный в весовых единицах; Q – биомасса условной популяции, образующейся от 1,0 млн. экз. заводской молоди при стабильном многолетнем пополнении и разных режимах промысловой эксплуатации нерестового стада (Зыков, 2005); Q_n – биомасса нерестового стада, образующегося от молоди искусственного воспроизводства; Q_f – промысловый возврат, выраженный в весовых единицах.

Коэффициенты естественной смертности v_{m_t} , входящие в уравнение численности (1) рассчитывали с помощью модели, описывающей изменение их значений в течение жизненного цикла (Зыков, Слепокупров, 1983; Зыков, 1986, 1987, 2005):

$$v_{m_t} = 1 - A t^k (T^k - t^k); \quad (18),$$

где A, k, T – константы.

Значения констант A, k, T уравнения естественной смертности (18) получены на основе констант уравнений линейного и весового роста И.И. Шмальгаузена (1935) (Зыков, 1986, 1987, 2005, 2006) и аллометрической зависимости длина – масса:

$$l = q t^k; \quad (19), \quad W = p t^C; \quad (20), \quad W = a l^\beta; \quad (21),$$

где l, W – длина и масса особей белуги в возрасте t ; q, p, a – константы, численно характеризующие среднюю длину, массу тела особей в возрасте одного года, а также массу тела белуги при длине $l = 1$, соответственно; k, C, β – константы,

характеризующие относительную скорость линейного и весового роста рыб (Зыков, 1986, 1987, 2005, 2006).

Константы уравнений роста (19)-(21) находятся между собой в соотношениях (Зыков, 1986, 1987, 2005, 2006):

$$p = \alpha q^p; (22) \quad C = \beta k; (23)$$

Значения констант уравнений роста (19)-(21) определяли по фактическим данным длины и массы тела белуги в разных возрастах (Бабушкин, 1964; Каспийское море..., 1989) методом наименьших квадратов с использованием статистических возможностей пакета «Microsoft Excel 2003».

Кривые линейного, весового роста и аллометрической зависимости длина - масса белуги, построенные по этим данным, показаны на рисунке.

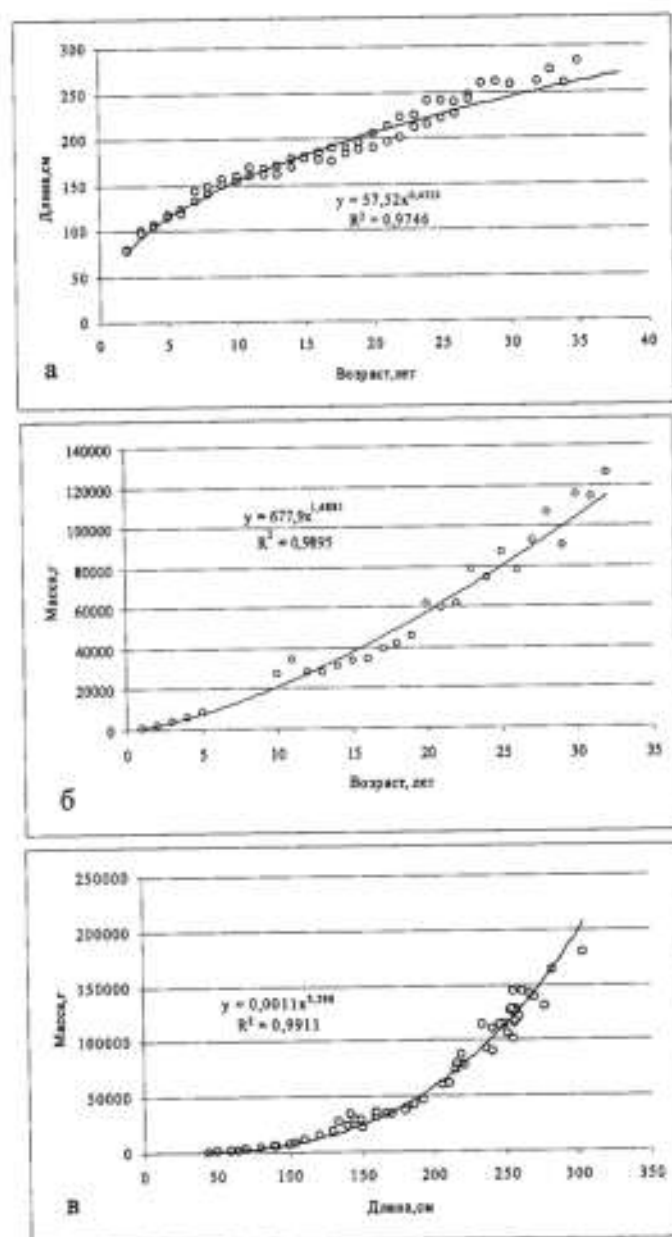


Рис. Кривые линейного (а), весового (б) роста и аллометрического соотношения длина - масса белуги (*Huso huso* L.) (в), построенные на основе уравнений роста И.И. Шмальгаузена (1935).
Fig. Curves of linear (a), weight (б) growth and allometric relationship between hausen's (*Huso huso* L.) length and mass (в), built on basis of I.I. Shmalgausen growth equation of (1935).

Константы A , T^k уравнения естественной смертности (18) рассчитывали на основе полученных значений констант q , k , C , β уравнений роста и характеристик полового созревания, по формулам (Зыков, 1986, 1987, 2005, 2006):

$$A = \frac{1 - v_{np}}{t_p^{2k}}; \quad (24), \quad v_{np} = 1 - e^{-M_p}; \quad (25), \quad M_p = \frac{\beta k}{t_p} = \frac{C}{t_p}; \quad (26),$$

$$t_p = \left(\frac{l_p}{q}\right)^{\frac{1}{k}}; \quad (27), \quad T^k = \frac{L}{q} = \frac{2l_p}{q}; \quad (28), \quad T = \left(\frac{L}{q}\right)^{\frac{1}{k}}; \quad (29).$$

В выражениях (24)-(29): v_{np} – наименьшее значение коэффициента естественной смертности в возрасте полового созревания; t_p – возраст полового созревания, при котором половозрелыми становятся 50% особей поколения; l_p – длина, при которой созревает 50% особей поколения; M_p – мгновенный коэффициент естественной смертности в возрасте полового созревания; L – максимальная биологическая длина рыб в популяции $l_p = 0,5L$; T^k – константа, определяемая по (28); T – максимальный теоретический возраст (Зыков, 1986, 1987, 2005).

По литературным данным, половое созревание белуги происходит при длине 140-260 см, а ее максимальная длина в уловах в разные годы составляет 300-576 см (Бабушкин, 1964; Цепкин, Соколов, 1971; Каспийское море..., 1989). Исходя из этого, в расчетах было принято, что 50% особей поколения белуги созревает при длине $l_p = 200$ см, а ее максимальные размеры составляют $L = 400$ см, что соответствует правилу Фультона-Дрягина (Дрягин, 1934, 1948; Fulton, 1906), когда между этими показателями сохраняется соотношение $l_p = 0,5L$.

Значения используемых в расчетах констант и параметров уравнений роста (19)-(21), естественной смертности (18) и характеристик полового созревания белуги приведены в таблице 1.

Необходимо отметить, что используемые при расчете коэффициентов промыслового возврата константы и параметры уравнений роста и естественной смертности, представленные в таблице 1, получены на основе данных по росту и характеристикам полового созревания белуги в 1960-е годы. Хотя линейно-весовой рост и половое созревание, определяющие форму кривых естественной смертности, являются достаточно консервативными видовыми признаками, для них характерны многолетние колебания (Зыков, 2005). Значения этих важнейших для наших исследований биологических параметров могут быть уточнены на основе современных ихтиологических данных, которые в литературе последних лет, к сожалению, отсутствуют.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ уравнений (1), (4)-(9), (11) показывает, что величина промыслового возврата белуги N_f зависит от количества выращиваемой на заводах молоди $R_{0,5}$, величины естественной смертности v_{np} , темпов полового созревания γ , периодичности нереста τ и степени облова нерестового стада v_{fn} .

Влияние на величину промыслового возврата количества выращиваемой на заводах молоди $R_{0,5}$ достаточно очевидно (1). Оптимальные объемы искусственного воспроизводства могут быть определены, исходя из продукции используемой белугой кормовой базы и пищевых потребностей искусственно сформированной

популяции (Винберг, 1979; Алимов, 1986; Мельничук, 1975, 1984; Зыков, 2005, 2008; Зыков, Зыкова, 2007; Зыков и др., 2008).

Темп полового созревания поколений γ зависит от многих биологических и экологических факторов – условий нагула, обеспеченности рыб пищей, скорости общего и генеративного обмена и в значительной степени детерминирован генетически. Из (4) следует, что при ускорении полового созревания численность заходящих на нерест производителей увеличивается.

Расчеты, выполненные по (1), показали, что при повышении периодичности нереста τ от 1 до 5 лет, промысловый возврат белуги снижается по численности в 1,9 раза, по биомассе – на 21,5% (табл. 2).

Таблица 2. Влияние периодичности нереста τ на величину промыслового возврата белуги ($R_{0,5} = 1,0$ млн. экз., $v_{fn} = 0,5$).

Table 2. Influence of spawning periodicity τ on value of hausen's yield to the fishery ($R_{0,5} = 1,0$ million exemplars; $v_{fn} = 0,5$).

Периодичность нереста τ	Промысловый возврат	
	N_{τ} , тыс.шт.	Q_{τ} , тыс.т
1	13,9	0,458
2	11,4	0,445
3	9,8	0,417
4	8,5	0,386
5	7,5	0,356

Не исключено, что при улучшении пищевой обеспеченности, период между двумя нерестами у белуги может сокращаться.

Естественная смертность является важнейшим фактором, определяющим скорость снижения численности поколений в течение периода их жизненного цикла.

Коэффициенты естественной смертности v_{ni} в течение жизни поколений изменяются по U-образным кривым с минимумом, приходящимся на возраст полового созревания (Гулин, 1969, 1971; Тюрин, 1972; Засосов, 1976; Зыков, 1986, 1987, 2005, 2006). В соответствии с (24)-(29), значения этих коэффициентов зависят от размеров l_p , возраста t_p полового созревания, длины годовиков q , относительной скорости роста рыб, выраженной константами k и C уравнений роста и их максимальными размерами $L=2l_p$ в популяции (Зыков, 1986, 1987, 2005, 2006). Размеры годовиков q и значения констант относительной скорости роста k , C при этом находятся в обратном соотношении (Зыков, 2005, 2006). Согласно уравнениям (25), (26), естественная смертность рыб увеличивается, когда скорость относительного весового роста C повышается, а возраст полового созревания t_p снижается. В зависимости от особенностей роста и сроков полового созревания естественная смертность рыб может меняться на межвидовом, внутривидовом географическом и внутривидовом генеративном уровне (Зыков, 2005, 2006). Самые высокие абсолютные годовые естественные потери численности и биомассы у поколений наблюдаются на первом году жизни (Зыков, 2005) (табл. 4). Более высокий выход численности и биомассы от единицы пополнения наблюдается у видов, популяций и поколений рыб, характеризующихся более высокими размерами молоди и годовиков q (Зыков, 2005). Последнее обстоятельство следует учитывать при определении оптимальных размеров

(нормативов) выращиваемой на заводах молоди, поскольку промысловый возврат при прочих равных условиях будет оставаться выше от молоди, имеющей более высокие стартовые размеры. Рост и половое созревание поколений искусственного воспроизводства, вероятнее всего, существенно не будет отличаться от «диких» генераций, поскольку нагул и тех и других особей будет происходить в единых трофических и экологических условиях. Выход численности и биомассы поколений, образующихся от молоди искусственного воспроизводства при этом может управляться через изменение размерных характеристик выращиваемой на заводах молоди.

Согласно расчетам, выполненным по уравнениям (25)-(27) наименьшее значение коэффициента естественной смертности белуги приходится на возраст полового созревания $t_p = 15,7$ года и составляет $v_{mp} = 0,09$ или 9,0% (табл. 1).

Промысел является одним из важнейших факторов, который непосредственно определяет величину улова и промыслового возврата, получаемого от зашедших на нерест производителей.

Расчеты, выполненные по (1), (6), (9) показали, что в случае увеличения степени облова производителей с 10 до 90%, численность и биомасса нерестового стада, образующегося от условной популяции с пополнением $R_{0,5} = 1,0$ млн. экз., снижается с 27,3 до 12,3 тыс. экз., биомасса – от 1,495 до 0,488 тыс. т, промысловый возврат увеличивается от 2,7 до 11,0 тыс. экз. и от 0,149 до 0,439 тыс. т, а коэффициент промыслового возврата K_f , рассчитанный по (11), соответственно возрастает с 0,0027 до 0,011 (0,27 и 1,1%) (табл. 3).

Таблица 3. Изменение численности, биомассы нерестового стада, промыслового возврата, среднего веса белуги в уловах и коэффициента промыслового возврата в зависимости от промыслового изъятия v_{f_0} производителей ($R_{0,5} = 1,0$ млн. экз., $\tau = 4$ года).

Table 3. Change of spawning population, biomass, yield to the fishery, hausen's average weight in hauls and change of coefficient of yield to the fishery subject to fishing withdrawal of «producers» v_{f_0} ($R_{0,5} = 1,0$ million exemplars, $\tau = 4$ years).

Коэффициент промысловой смертности, v_{f_0}	Нерестовое стадо		Промысловый возврат		Средний вес в улове, кг	Коэффициент промыслового возврата, K_f	
	N_n тыс. экз.	Q_n тыс. т	N_f тыс. экз.	Q_f тыс. т		доли	%
0,1	27,3	1,495	2,7	0,149	54,6	0,0027	0,27
0,2	23,8	1,236	4,8	0,247	51,8	0,0048	0,48
0,3	21,1	1,040	6,3	0,312	49,3	0,0063	0,63
0,4	18,9	0,889	7,5	0,356	47,1	0,0075	0,75
0,5	17,0	0,771	8,5	0,386	45,3	0,0085	0,85
0,6	15,5	0,678	9,3	0,407	43,6	0,0093	0,93
0,7	14,3	0,602	10,0	0,421	42,2	0,0100	1,00
0,8	13,2	0,540	10,5	0,432	40,9	0,0105	1,05
0,9	12,3	0,488	11,0	0,439	39,8	0,0110	1,10

При увеличении интенсивности изъятия с 10,0 до 90% средняя масса тела белуги в уловах снижается от 54,6 до 39,8 кг, что важно учитывать при оценке экономической эффективности организованного промысла.

Как показали проведенные расчеты (табл. 3), в условиях искусственного воспроизводства промысловый возврат может широко варьировать в зависимости от коэффициента промысловой смертности, оказывая существенное влияние на численность и биомассу участвующих в нересте производителей. В этой связи особую актуальность приобретает вопрос о возможных и допустимых режимах промысловой эксплуатации искусственно сформированных популяций.

В литературе сведения об оптимальных режимах использования таких популяций отсутствуют, и эта проблема требует своей дальнейшей разработки. Нет также сведений об оптимальном соотношении в популяции долей искусственного и естественного воспроизводства. Учитывая это, в наших исследованиях было принято, что степень промыслового облова искусственно сформированной популяции может быть достаточно высокой и составлять не менее 70% ($v_f = 0,7$). Оставшиеся 30% зашедших в реку производителей, при этом, должны участвовать в естественном нересте, образуя резерв, обеспечивающий генетическое разнообразие потомства за счет свободного скрещивания родителей и компенсировать риски, связанные с процессом управления запасом (неудовлетворительное качество выращиваемой на заводах молоди, неблагоприятное влияние на запасы абиотических и антропогенных факторов, ошибки количественных оценок текущего состояния запасов и др.).

Расчеты показали, что при ежегодном многолетнем выпуске в море 1,0 млн. экз. выращиваемой на заводах молоди, 4-х-летней периодичности нереста и 70%-м промысловом изъятии нерестового стада образуется условная популяция белуги общей численностью 2,046 млн. экз. и биомассой 8,045 тыс. т. Основа биомассы популяции при этом приходится на возрастные группы, близкие к возрасту полового созревания (табл. 4).

При таких режимах воспроизводства численность заходящих на нерест производителей составит 14,263 тыс. экз., биомасса – 0,602 тыс. т, на их долю будет приходиться 0,697% общей численности, 7,48% биомассы популяции и 1,426% численности годового пополнения. Промысловый возврат при этом будет находиться на уровне 9,984 тыс. экз. или 0,421 тыс. т, а коэффициент промыслового возврата K_f составит 0,00998 или 0,998%. Такое значение коэффициента промыслового возврата показывает, что 99,002% выращиваемой на заводах молоди в течение последующего периода существования погибает от действия естественных причин, а лишь 0,998% достается промыслу.

Полученные в наших исследованиях результаты согласуются с количественными характеристиками поколений и промысловым возвратом, определенным другими авторами.

Так, по данным Н.И. Кожина (1951), от выпущенной рыбозаводами молоди осетровых и белуги до возраста вступления в промысловое стадо доживает 0,5-1,5% особей, в наших исследованиях этот показатель равен 2,3% (табл. 4).

По результатам экспериментальных наблюдений Е.Б. Боковой (2008), в 1970-2007-е годы с нерестилищ р. Урал ежегодно скатывалось 0,32-7,8, в среднем 2,8 млн. экз. ранней молоди белуги, промысловый возврат от которой составлял 0,018-0,758, в среднем 0,244 тыс. т или 0,056-0,376, в среднем 0,118 тыс. т от 1,0 млн. экз. скатившейся молоди. По нашим расчетам, промысловый возврат от 1,0 млн. экз. молоди белуги может изменяться в зависимости от коэффициента изъятия нерестового стада от 0,149 до 0,432 тыс. т, в среднем составляя 0,350 тыс. т

(табл. 3), что близко к значению промыслового возврата белуги р. Урал, полученному на основе прямых экспериментальных наблюдений. Различия оценок промыслового возврата, полученного разными способами, могут быть обусловлены неполным учетом вылова заходящих на нерест в реку производителей.

Таблица 4. Расчет структуры поколения и промыслового возврата белуги, полученного от молоди искусственного воспроизводства ($R_{0,3} = 1,0$ млн. экз., $v_f = 0,7$, $\tau = 4$).

Table 4. Calculation of structure of hausen's generation and yield to the fishery from the juveniles of artificial reproduction ($R_{0,3} = 1,0$ million exemplars, $v_f = 0,7$, $\tau = 4$).

Возраст t , лет	Длина, l , см	Масса, W , кг	v_{m_i}	v_f	Поколение		Нерестовое стадо		Вылов		Естественная смертность	
					тыс. экз.	тыс. т	тыс. экз.	тыс. т	тыс. экз.	тыс. т	тыс. экз.	тыс. т
0,02	9,8	0,002	0,652	-	1000,0	0,002	-	-	-	-	652,08	0,455
1,0	58,0	0,70	0,477	-	347,9	0,243	-	-	-	-	166,00	0,320
2,0	79,1	1,93	0,378	-	181,9	0,351	-	-	-	-	68,82	0,242
3,0	94,8	3,51	0,310	-	113,1	0,397	-	-	-	-	35,04	0,188
4,0	107,9	5,37	0,259	-	78,07	0,420	-	-	-	-	20,19	0,151
5,0	119,3	7,48	0,219	-	57,87	0,433	-	-	-	-	12,68	0,124
6,0	129,5	9,80	0,188	-	45,19	0,443	-	-	-	-	8,49	0,105
7,0	138,9	12,3	0,163	-	36,71	0,452	-	-	-	-	5,98	0,090
8,0	147,5	15,0	0,143	-	30,73	0,462	-	-	-	-	4,39	0,079
9,0	155,5	17,9	0,127	-	26,34	0,471	-	-	-	-	3,35	0,070
10,0	163,1	20,9	0,115	0,7	22,99	0,481	0,575	0,012	0,402	0,008	2,64	0,064
11,0	170,3	24,1	0,105	0,7	19,95	0,481	0,998	0,024	0,698	0,017	2,10	0,058
12,0	177,1	27,4	0,098	0,7	17,15	0,470	1,286	0,035	0,901	0,025	1,69	0,052
13,0	183,6	30,9	0,094	0,7	14,57	0,450	1,457	0,045	1,020	0,031	1,36	0,047
14,0	189,9	34,5	0,091	0,7	12,18	0,420	1,523	0,053	1,066	0,037	1,11	0,042
15,0	195,9	38,2	0,090	0,7	10,01	0,383	1,502	0,057	1,051	0,040	0,90	0,038
16,0	201,7	42,1	0,090	0,7	8,065	0,339	1,411	0,059	0,988	0,042	0,73	0,033
17,0	207,3	46,0	0,092	0,7	6,351	0,292	1,270	0,058	0,889	0,041	0,58	0,029
18,0	212,7	50,1	0,095	0,7	4,879	0,244	1,098	0,055	0,768	0,038	0,46	0,025
19,0	218,0	54,3	0,099	0,7	3,647	0,198	0,912	0,050	0,638	0,035	0,36	0,021
20,0	223,1	58,6	0,104	0,7	2,647	0,155	0,662	0,039	0,463	0,027	0,28	0,017
21,0	228,1	63,0	0,111	0,7	1,907	0,120	0,477	0,030	0,334	0,021	0,21	0,014
22,0	232,9	67,5	0,118	0,7	1,362	0,092	0,341	0,023	0,238	0,016	0,16	0,012
23,0	237,6	72,1	0,126	0,7	0,963	0,069	0,241	0,017	0,169	0,012	0,12	0,009
24,0	242,2	76,8	0,135	0,7	0,674	0,052	0,168	0,013	0,118	0,009	0,09	0,007
25,0	246,8	81,6	0,144	0,7	0,465	0,038	0,116	0,009	0,081	0,007	0,07	0,006
26,0	251,2	86,6	0,154	0,7	0,317	0,027	0,079	0,007	0,055	0,005	0,05	0,004
27,0	255,5	91,5	0,165	0,7	0,212	0,019	0,053	0,005	0,037	0,003	0,04	0,003
28,0	259,7	96,6	0,177	0,7	0,140	0,014	0,035	0,003	0,025	0,002	0,02	0,003
29,0	263,9	101,8	0,188	0,7	0,091	0,009	0,023	0,002	0,016	0,002	0,02	0,002
30,0	267,9	107,1	0,201	0,7	0,058	0,006	0,014	0,002	0,010	0,001	0,01	0,001
31,0	271,9	112,4	0,214	0,7	0,036	0,004	0,009	0,001	0,006	0,001	0,01	0,001
32,0	275,9	117,9	0,227	0,7	0,022	0,003	0,006	0,001	0,004	0,000	0,01	0,001
33,0	279,7	123,4	0,241	0,7	0,013	0,002	0,003	0,000	0,002	0,000	0,00	0,000
34,0	283,5	129,0	0,256	0,7	0,008	0,001	0,002	0,000	0,001	0,000	0,00	0,000
35,0	287,3	134,7	0,270	0,7	0,004	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,00	0,000
36,0	291,0	140,4	0,286	0,7	0,002	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,00	0,000
37,0	294,6	146,3	0,301	0,7	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	0,000
38,0	298,2	152,2	0,317	0,7	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	0,000
Всего	-	-	-	-	2046,6	8,045	14,263	0,602	9,984	0,421	990,02	2,315

Согласно приведенным выше данным, объемы искусственного воспроизводства белуги на р. Волге в разные годы колебались от 0,8 до 20,0, составляя в среднем 7,8 млн. экз., а ее среднееголетний вылов при колебаниях от 0,8 до 7,9 тыс. т находился на уровне 3,2 тыс. т.

Дополнительные расчеты, выполненные с помощью модели (1) и данных таблицы 3, показали, что если ежегодные объемы искусственного воспроизводства будут поддерживаться на среднееголетнем уровне $R_{0,5} = 7,8$ млн. экз., то в зависимости от степени промыслового изъятия (10-90%), в реку будет заходить нерестовое стадо белуги численностью 91,9-204,7 тыс. экз. и биомассой 3,66-11,2 тыс. т. Промысловый возврат в этом случае, в зависимости от степени облова зашедших производителей, составит 20,5-82,7 тыс. экз. и 1,12-3,29 тыс. т (табл. 5).

Таблица 5. Изменение численности, биомассы нерестового стада и промыслового возврата белуги в зависимости от коэффициента промысловой смертности при ежегодном пополнении $R_{0,5} = 7,8$ млн. экз. ($\tau = 4$ года).

Table 5. Change of population, biomass of hausen's spawning and fishing efficiency subject to coefficient of fishing mortality by yearly replenishment $R_{0,5} = 7,8$ millions exemplars, ($\tau = 4$ years).

Коэффициент промысловой смертности, v_{fu}	Нерестовое стадо		Промысловый возврат	
	N_n тыс. экз.	Q_n тыс. т	N_f тыс. экз.	Q_f тыс. т
0,1	204,7	11,2	20,5	1,12
0,2	178,7	9,27	35,7	1,85
0,3	158,1	7,80	47,4	2,34
0,4	141,4	6,67	56,6	2,67
0,5	127,8	5,79	63,9	2,89
0,6	116,5	5,08	69,9	3,05
0,7	107,0	4,51	74,9	3,16
0,8	98,9	4,05	79,1	3,24
0,9	91,9	3,66	82,7	3,29

В этом случае, при ежегодном 70%-м промысловом изъятии производителей численность нерестового стада составит 107,0 тыс. экз., биомасса 4,51 тыс. т, промысловый возврат – 74,9 тыс. экз. или 3,16 тыс. т, что близко к величине среднееголетнего вылова белуги в предшествующий период (табл. 5).

Таким же способом было определено, что если ежегодные объемы искусственного воспроизводства будут сохраняться на достигнутом в ретроспективе максимальном уровне 20,0 млн. экз., годовой улов при 70%-м ежегодном изъятии производителей составит 199,68 тыс. экз. или 8,425 тыс. т, а численность и биомасса нерестового стада – 285,26 тыс. экз. и 12,036 тыс. т.

Было также определено, что для получения улова 7,5 тыс. т, соответствующего историческому максимуму, ежегодные объемы выращивания молоди при 70%-м изъятии нерестового стада должны составлять 17,8 млн. экз. При этом, численность ежегодно заходящих на нерест производителей будет находиться на уровне 253,95 тыс. экз., биомасса – 10,715 тыс. т.

В заключении необходимо отметить, что процесс искусственного восстановления запасов белуги является достаточно продолжительным. Каждое очередное, выпущенное рыбозаводами поколение белуги впервые вступает в фазу размножения и приходит в реку на нерест через 10 лет, причем доля

производителей в этом возрасте остается незначительной, составляет около 10% от общей численности поколения (табл. 4). Для того, чтобы поколение полностью вступило в нерестовое (промысловое) стадо, а искусственное воспроизводство показало свою результативность, требуется еще 8-9 лет, а также последующий 15-летний период эксплуатации искусственно сформированного запаса. В этих условиях особое внимание следует уделить разработке мер, направленных на срочное увеличение объемов искусственного воспроизводства белуги в ближайшей перспективе. Следует также отметить, что вылов 1,0 тыс. т производителей белуги средней массой 42,2 кг, при соотношении полов 1:1 и коэффициенте зрелости (относительном весе) гонад самок 17,7% (Бабушкин, 1964) дает выход товарной икры в размере около 88,8 т.

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. Промысловый возврат белуги, получаемый от молоди искусственного воспроизводства, зависит от объемов ее выращивания, естественной смертности поколений, темпов полового созревания и периодичности нереста достигших половозрелого состояния особей, а также от степени промыслового изъятия заходящих на нерест производителей.

2. Промысловый возврат увеличивается, когда число лет между двумя нерестами сокращается, а объемы выращивания молоди, темпы полового созревания поколений и степень промыслового изъятия возрастают.

3. Связь между промысловым возвратом и количественными характеристиками эксплуатируемой популяции белуги носит нелинейный характер.

4. Важнейшим фактором, определяющим численность и биомассу образующейся от молоди искусственного воспроизводства популяции, является естественная смертность. Абсолютные годовые естественные потери популяции намного превышают величину промысловой смертности. Годичные естественные потери снижаются, а численность, биомасса сформированной популяции и промысловый возврат увеличиваются, если средние размеры выращиваемой на заводах молоди повышаются.

5. Для восстановления запасов каспийской белуги необходимо ликвидировать морское браконьерство, срочно увеличить объемы искусственного воспроизводства и разработать высокоточные инструментальные или другие методы учета выращиваемой на заводах молоди.

6. Необходимо организовать и вести регулярные мониторинговые ихтиологические наблюдения за биологическими характеристиками белуги (линейный, весовой рост, темпы полового созревания, периодичность нереста, длина и масса выращиваемой молоди и др.), определяющими естественную смертность, численность, биомассу образующихся от молоди поколений и в конечном итоге – величину ожидаемого промыслового возврата.

7. Следует провести исследования по определению оптимальных объемов искусственного воспроизводства, обеспечивающих формирование запасов в соответствии с продукцией, потребляемой белугой кормовой базы.

8. Необходимо также провести генетические и другие исследования по оценке оптимального соотношения объемов искусственного и естественного воспроизводства и обоснованию степени облова искусственно сформированных популяций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алимов А.Ф. Исследование взаимосвязи кормовой базы и рыбопродуктивности на примере озер Забайкалья // Изд. Акад. наук СССР. Ленинград: Наука, 1986. 230 с.
- Бабушкин Н.Я. Биология и промысел каспийской белуги // Тр. ВНИРО. Т. ЛП. 1964. С. 183-258.
- Баранов Ф.И. К вопросу о биологических основаниях рыбного хозяйства // Известия Отделения рыбоводства и научно-промысловых исследований. 1918. Т. 1. Вып. 1. 21 с.
- Бивертон Р., Холт С. Динамика численности промысловых рыб / Пер. с англ. М.: Пищевая промышленность, 1969. 248 с.
- Бокова Е.Б. Современное состояние естественного воспроизводства осетровых рыб в нижнем течении реки Урал // Мат. междунар. научно-практ. конф. 450-летию г. Астрахани. Астрахань, 2008. С. 50-60.
- Винберг Г.Г. Общие основы изучения водных экосистем. Ленинград: Наука, 1979. 271 с.
- Власенко А.Д. Проблемы воспроизводства запасов осетровых в Волге // Тез. докл. конф. Компл. подход к пробл. сохр. биоресурсов Касп. Бассейна. Астрахань, 2008. С. 72-77.
- Гулин В.В. Дифференцированная оценка величины общей, промысловой и естественной смертности у рыб в зависимости от их пола и возраста с учетом специфики внутренних водоемов // Сб. научно-технической информации ВНИРО. 1967. Вып. 11. С. 18-23.
- Гулин В.В. Теоретическое обоснование и практическая разработка методов оценки общей, промысловой и естественной смертности у рыб // Изв. ГосНИОРХ. 1971. Вып. 73. С. 239-251.
- Державин А.Н. Севрюга *Acipenser Stellatus*: Биологический очерк // Изв. Бакинской ихтиологической лаборатории. Баку, 1922. Т. 1. 393 с.
- Дрягин П.А. Размеры рыб при наступлении половой зрелости // Рыбное хозяйство. 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.: Пищевая промышленность, 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. Динамика численности и рациональное использование запасов пеляди озера Ендырь-Согомский: Автореф. диссерт. на соиск. уч. степени кандид. биолог. наук. Ленинград, 1987. 32 с.
- Зыков Л.А. Биоэкологические и рыбохозяйственные аспекты теории естественной смертности рыб. Астрахань: Изд-во Астр. госуниверситета, 2005. 373 с.
- Зыков Л.А. Биоэкологические и рыбохозяйственные аспекты теории естественной смертности рыб. Автореф. диссерт. на соиск. уч. степени докт. биолог. наук. Астрахань, 2006. 58 с.
- Зыков Л.А. Определение объемов искусственного воспроизводства каспийского лосося, обеспечивающих формирование его запасов в соответствии с кормовой продуктивностью Каспийского моря // Тез. докл. конф. Компл. подход к пробл. сохр. биоресурсов Касп. бассейна. Астрахань, 2008. С. 355.

Зыков Л.А., Зыкова Г.Ф. Оценка промыслового возврата судака Цимлянского водохранилища от молоди искусственного воспроизводства // Докл. межд. Научно-практ. конф. посв. 50-летию Волгогр. отд. ГосНИОРХ. Волгоград, 2007. С. 112.

Зыков Л.А., Зыкова Г.Ф., Алтуфьев Ю.В., Курочкина Т.Ф. Оценка оптимальных объемов искусственного воспроизводства каспийского лосося, исходя из продукции его кормовой базы // Тр. Всеросс. конф. посв. 15-летию каф. Эколог. безоп. жизнед. АГУ. Астрахань, 2008.

Зыков Л.А., Слепокуров В.А. Уравнение для оценки коэффициентов естественной смертности рыб (на примере пеляди оз. Ендырь-Согомский) // Рыбное хозяйство. 1983. №3. С. 36-37.

Зыкова Г.Ф. Разработка методов и подходов к оценке незаконного изъятия осетровых рыб // Мат. II межд. сем.: Мет. оценки зап. ос. и опред. ОДУ. Астрахань, 2004. С. 111-113.

Зыкова Г.Ф., Зыков Л.А. К методике определения промыслового возврата сиговых, выращиваемых в магистральных рыбопитомниках р. Оби // Изв. ГосНИОРХ. 1989. Т. 302. С. 38-47.

Каспийское море. Ихтиофауна и промысловые ресурсы. М.: Наука, 1989. 189 с.

Кожин Н.И. Коэффициент промыслового возврата // Тр. ВНИРО. Т. 19. 1951. С. 22-29.

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. С. 3.

Рикер У.Е. Биостатистический метод А.Н. Державина // Рыбное хозяйство. 1970. №10. С. 6-9; №П. С. 5-7.

Рикер У.Е. Методы оценки и интерпретация биологических показателей популяций рыб / Пер. с англ. М.: Пищевая промышленность, 1979. 408 с.

Романов А.А., Журавлева О.Л., Ходоревская Р.П. и др. Оценка динамики численности и качественных показателей производителей осетровых, мигрирующих к местам размножения дельты р. Волги // Рыбохоз. иссл. на Каспии. Результаты НИР за 2005 год. Сб. тр. КаспНИРХа. Астрахань, 2006. С. 178-186.

Черфас Б.И. Рыбоводство в естественных водоемах. М.: Пищевая промышленность, 1950. 215 с.

Цепкин Е.А., Соколов Л.И. О максимальных размерах и возрасте некоторых осетровых рыб // Вопросы ихтиологии. 1971. Т. 11. Вып. 3(68). С. 216-220.

Ходоревская Р.П., Калмыков В.А., Никонова А.С. и др. Динамика численности и биологические показатели популяции белуги (*Huso huso*) (*Acipenser ruthenus*) в Волго-Каспийском бассейне // Рыбохоз. иссл. на Каспии. Результаты НИР за 2001 год. Сб. тр. КаспНИРХа. Астрахань, 2002. С. 183-202.

Fulton T.W. On the rate growth of Fishes. The 24-th Annual report of the Fishery Board of Scotland. 1906. VIV.

ESTIMATION OF CASPIAN HAUSEN *HUSO HUSO* (L.) YIELD TO THE FISHERY FROM THE JUVENILES OF ARTIFICIAL REPRODUCTION

© 2011 y. L.A. Zykov

*Astrakhan branch of the Kazakh Institute of Environmental Design
(Kazekoprojekt), Astrakhan*

On basis of the model, describing population dynamics of generation during biocycle used by fisheries, hausen's yield to the fishery was specified, obtained from the juveniles of artificial reproduction subject to coefficients of natural, fishing mortality, rates of pubescence and spawning periodicity of this generation's individuals. Recommendations on reconstruction and sustainable use of resources are provided.

Key words: hausen, artificial reproduction, spawning population, biomass, yield to the fishery.