

АКВАКУЛЬТУРА И ИСКУССТВЕННОЕ ВОСПРОИЗВОДСТВО

УДК 639.2.03

**РАСЧЕТ ПРОМЫСЛОВОГО ВОЗВРАТА
КАСПИЙСКОГО ШИПА *ACIPENSER NUDIVENTRIS*
ОТ МОЛОДИ ИСКУССТВЕННОГО ВОСПРОИЗВОДСТВА**

© 2015 г. Л. А. Зыков, А. Б. Казанский*, М. И. Абраменко**

Астраханский филиал Казахского института экологического проектирования,
Астрахань, 414048

* Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И. М. Сеченова РАН,
Санкт-Петербург, 194223

** Южный научный центр РАН, Ростов-на-Дону, 344006
E-mail: zikov_la@mail.ru

Поступила в редакцию 21.04.2014 г.

На основе модели, описывающей изменение численности и биомассы поколений рыб в течение жизненного цикла, рассчитан промысловый возврат каспийского шипа от молоди искусственного воспроизводства с учетом скорости линейно-весаго роста, темпов полового созревания, периодичности нереста, зависящей от возраста естественной смертности и степени облова промыслового стада. Оценена роль искусственного воспроизводства в формировании запасов шипа в период 1970–1980-х гг.

Ключевые слова: каспийский шип *Acipenser nudiventris*, искусственное воспроизводство, численность, биомасса, популяция, промысловый возврат.

Шип *Acipenser nudiventris* — один из ценных представителей фауны осетровых Каспийского моря. Вылов шипа на Каспии в предшествующий период в среднем находился на уровне 0,9 тыс. т, достигая в отдельные годы 1,9 тыс. т. Сравнительно невысокие и стабильные уловы шипа до начала 1990-х гг. определялись возможностями естественного размножения (ограниченный фонд естественных нерестилищ) и объемами искусственного воспроизводства (Иванов, Мажник, 1997).

После 1991 г. в результате произошедших геополитических изменений в шельфовой зоне прикаспийских государств значительно возросли масштабы прибрежного морского браконьерства, ставшего в последние десятилетия главной причиной многократного снижения запасов и уловов каспийских осетровых, включая шипа (Зыкова, и др., 2000; Зыкова, 2004; Власенко, 2008). Его вылов в последние годы остается

на критически низком историческом уровне и не превышает десятка тонн. В сложившихся условиях сохранение численности и восстановление запасов шипа становится возможным только за счет мероприятий искусственного воспроизводства при условии полного прекращения на Каспии морского и речного браконьерства.

По характеру питания шип — смешанный бентофаг, потребляющий преимущественно придонные и бентосные корма: червей, моллюсков, крупных придонных ракообразных, а также рыб (Шорыгин, 1952). Одной из важных биологических особенностей шипа является быстрый линейно-весаго рост, который по своим абсолютным и относительным показателям превышает скорость роста русского осетра, севрюги, стерляди и уступает только самому быстрорастущему среди каспийских осетровых хищнику — белуге (Каспийское море..., 1989). В этом отношении шип может рас-

смаиваться как ценный, высокопродуктивный и перспективный объект осетроводства в условиях каспийской марикультуры.

Начиная с 1956 г. осетровые рыбодные заводы (ОРЗ) Каспийского бассейна в соответствии с программой сохранения запасов осетровых в условиях гидростроительства ежегодно выращивали и выпускали для нагула в море 0,4–6,4 (в среднем 2,2) млн экз. молоди шипа (Казанчев, 1981). Несмотря на достигнутые масштабы искусственного воспроизводства, вопрос о величине промыслового возврата шипа от выращиваемой на заводах молоди, имеющий важное научное и практическое значение, специально не исследовался и до настоящего времени остается открытым.

Цель наших исследований — определение величины промыслового возврата шипа, получаемого от искусственно выращиваемой молоди, на основе современных методов, учитывающих возрастную изменчивость численности и биомассы поколений в течение жизненного цикла.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Численность поколений шипа, образующихся от молоди искусственного воспроизводства, рассчитывали по формуле (Зыков, 2005, 2006, 2008, 2011; Зыков и др., 2013; Зыкова и др., 2013):

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

где N_t — численность поколения шипа в возрасте t ; $R_{0,5}$ — число сеголеток шипа, выращенных в рыбопитомниках; $v_{m_1}, v_{f_1} \dots v_{m_t}, v_{f_t}$ — действительные коэффициенты годичной естественной и промысловой смертности поколения в возрасте 1, 2 ... t лет.

При проведении расчетов предполагалось, что в условиях ведения на Каспии рационального осетрового рыбного хозяйства добыча шипа в море не ведется и осуществляется только в реке, в период нерестовой миграции. При такой организации промысла

заходящие на нерест производители имеют зрелую икру и наиболее высокую товарную ценность, в связи с чем осетровый промысел становится наиболее рентабельным.

Понятия входящих в уравнение численности (1) действительных коэффициентов годичной естественной v_{m_t} , промысловой v_{f_t} и общей убыли v_{z_t} определяли как (Рикер, 1979; Борисов, Залесских, 1980; Борисов, 1988 а, б; 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 возраста t , погибающих в течение года под действием естественных причин; n_{f_t} — число особей поколения возраста t , изъятых в течение года промыслом (включая официальный, неучтенный и браконьерский вылов); n_{z_t} — общее число особей генерации в возрасте t , погибающих в течение года под действием промысла и естественных причин.

Для оценки степени промыслового изъятия поднимающихся на нерест производителей также использовали действительный коэффициент промысловой смертности (степень промыслового изъятия) нерестового стада, значение которого определяли как:

$$v_{f_{m_t}} = \frac{n_{f_t}}{n_{m_t}}, \quad (5)$$

где n_{m_t} — численность зашедших в реку производителей в возрасте t ; $v_{f_{m_t}}$ — коэффициент промысловой смертности зашедших в реку производителей в возрасте t .

Численность зашедших на нерест в реку производителей n_{m_t} возраста t рассчитывали исходя из общей численности поколения N_t в этом возрасте, темпа полового созревания входящих в его состав особей и периодичности нереста:

$$n_m = \frac{\gamma_t}{\tau} N_t, \quad (6)$$

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

В наших исследованиях под промысловым возвратом понимали улов N_f , получаемый от используемого промыслом поколения в течение периода промысловой эксплуатации (Державин, 1922; Черфас, 1950; Кожин, 1951; Зыков, 1987, 2005, 2011; Зыкова, Зыков, 1989; Зыков и др., 2013; Зыкова и др., 2013):

$$N_f = \sum_{t_f}^{T_f} n_{f_t}, \quad (7)$$

где n_{f_t} — улов, полученный от поколения в возрасте t ; t_f и T_f — возраст начала и окончания периода промысловой эксплуатации.

Под коэффициентом промыслового возврата K_f понимали отношение улова N_f , получаемого от поколения в период эксплуатации к его первоначальной численности на стадии выпущенного из рыбопитомника малька $R_{0,5}$:

$$K_f = \frac{N_f}{R_{0,5}}. \quad (8)$$

Все необходимые расчеты выполнены в соответствии с ранее опубликованной методикой (Зыков, 2005, 2011; Зыков и др., 2013; Зыкова и др., 2013). При проведении расчетов использовали уравнения линейного и весового роста Шмальгаузена (1935), полученные на основе литературных данных по длине и массе тела шипа в разных возрастах (Берг, 1948; Казанчеев, 1981; Каспийское море..., 1989):

$$l = 45,55t^{0,438}, \quad (9)$$

$$W = 437,3t^{1,381}, \quad (10)$$

$$W = 0,0026l^{3,151}, \quad (11)$$

где: l , W — соответственно длина и масса тела шипа в возрасте t .

Построенные по этим уравнениям кривые линейного и весового роста, а также аллометрическое соотношение длина — масса тела шипа показаны на рис. 1.

Значения коэффициентов естественной смертности шипа в разных возрастных группах v_m рассчитывали с помощью уравнения естественной смертности, описывающего изменение значений этих коэффициентов в течение жизненного цикла:

$$v_m = 0,1014t^{0,438}(5,928 - t^{0,438}). \quad (12)$$

Согласно литературным данным (Казанчеев, 1981; Каспийское море..., 1989), половое созревание самцов и самок шипа происходит при длине 106–164 см, (в среднем 135 см) и возрасте 8–16 лет, (в среднем 12 лет). Исходя из этого и с учетом размерно-возрастного состава заходящих на нерест производителей, в расчетах было принято, что длина шипа, при которой половозрелыми становятся 50% особей поколений, равна 135 см. При этом возраст 50%-го полового созревания, рассчитанный для этой длины с помощью обратной формы уравнения роста (9), составил 11,94 года. Максимальная биологическая длина шипа, полученная по правилу Дрягина (Дрягин, 1934, 1948) составила 270 см; максимальный возраст, рассчитанный с помощью обратной формы уравнения роста, — 58,1 года; максимальная масса — 119,2 кг, что близко соответствует их наблюдаемым значениям по литературным данным (Берг, 1948; Никольский, 1971; Казанчеев, 1981). Расчетная длина годовиков шипа, полученная исходя из уравнения линейного роста (9), составила 45,6 см, что также хорошо согласуется с фактически наблюдаемыми размерами его молоди на первом году жизни (Казанчеев, 1981; Каспийское море..., 1989).

В соответствии с литературными данными о размерно-возрастном составе нерест-

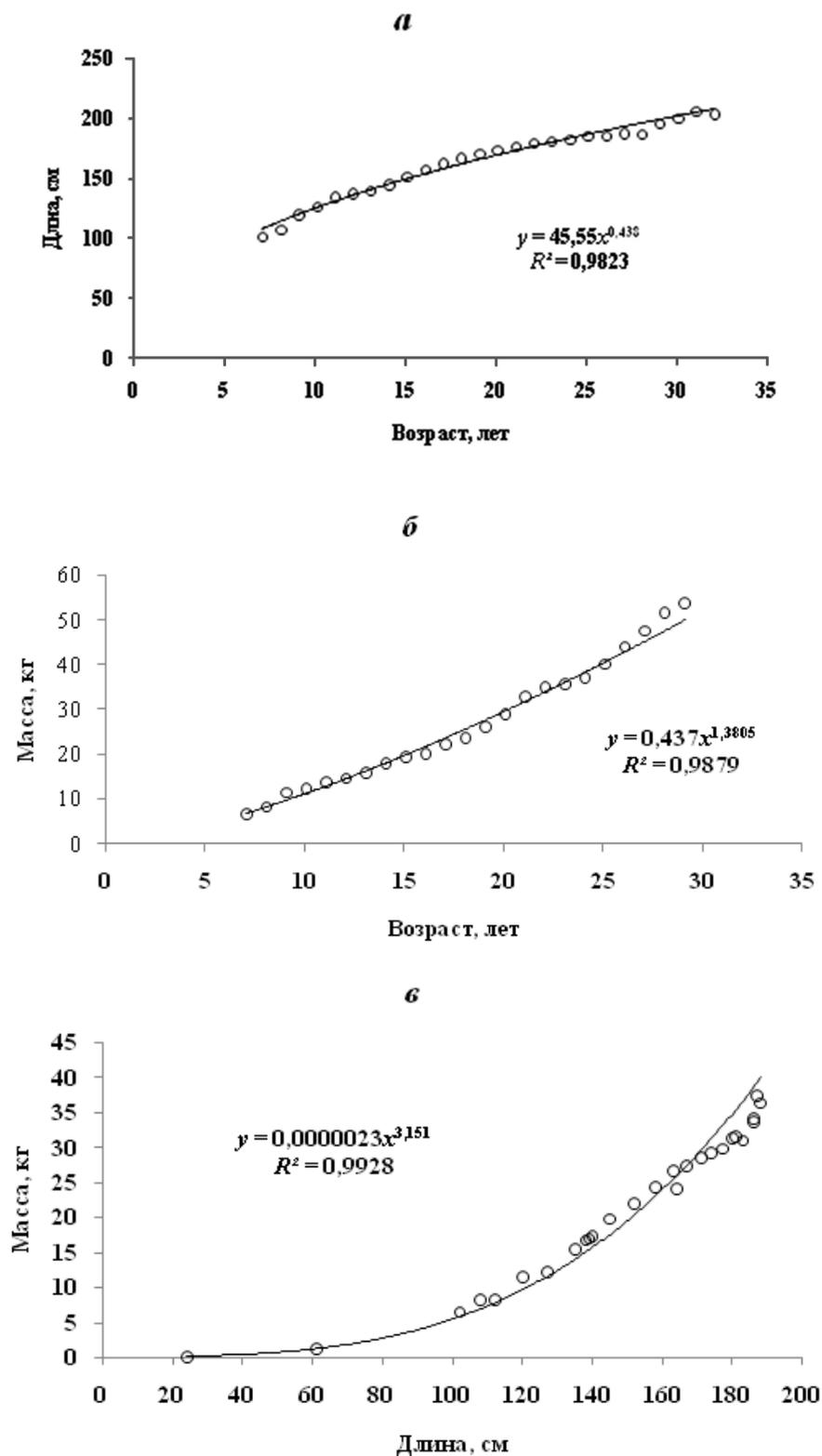


Рис. 1. Кривые линейного (а), весового (б) роста и аллометрическое соотношение длина—масса (в) шипа, построенные на основе уравнений роста Шмальгаузена (1935).

стового стада шипа (Берг, 1948; Каспийское море..., 1989) при расчете абсолютной возрастной структуры заходящих на нерест производителей было принято, что в возрасте 8 лет половозрелыми становятся 10% особей поколения ($\gamma_i = 0,1$), в возрасте 9 лет — 25% ($\gamma_i = 0,25$), 10 лет — 35% ($\gamma_i = 0,35$), 11 лет — 45% ($\gamma_i = 0,45$), 12 лет — 55% ($\gamma_i = 0,55$), 13 лет — 65% ($\gamma_i = 0,65$), 14 лет — 75% ($\gamma_i = 0,75$), 15 лет — 85% ($\gamma_i = 0,85$), 16 лет — 95% ($\gamma_i = 0,95$), в возрасте 17 лет половозрелыми становятся все входящие в состав поколения особи ($\gamma_i = 1,0$).

При расчете численности заходящих в реку производителей также учитывалось, что нерест у шипа не ежегодный и его периодичность составляет не более одного раза в 2–3 года (Никольский, 1971).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты расчета численности и биомассы условной популяции шипа, образующейся от 1 млн экз. искусственно выращенной молодежи, и получаемого от нее промыслового возврата показаны в табл. 1. При проведении этих расчетов было принято, что нерест шипа происходит один раз в три года ($\tau = 3$), а коэффициент промыслового изъятия зашедших в реку производителей составляет $v_{fi} = 0,5$, или 50%.

Расчеты показали, что при 3-летней периодичности нереста и 50%-ном промысловом изъятии производителей от 1 млн экз. искусственно выращиваемой молодежи образуется условная популяция шипа численностью 2,51 млн экз. биомассой 6,45 тыс. т, включающая стадо производителей численностью 45,4 тыс. экз. и биомассой 0,716 тыс. т. На долю заходящих на нерест производителей при этом приходится 1,8% общей численности и 11,1% биомассы популяции (табл. 1). Промысловый возврат шипа от 1 млн экз. выращиваемой на ОРЗ молодежи составляет 22,7 тыс. экз., и 0,358 тыс. т, а коэффициент промыслового возврата $K_f = 0,0113$, или 1,13% (табл. 1).

При периодичности нереста $\tau = 3$ и степени облова нерестового стада $v_{fi} = 0,5$

(50%) коэффициент годичной общей убыли условной популяции шипа составляет 49,7%, абсолютная годичная общая убыль состоит из естественных (977,3 тыс. экз.) и промысловых (22,7 тыс. экз.) потерь, сумма которых равна величине годового пополнения $R_{0,5} = 1$ млн экз. (табл. 1). Коэффициент годичной естественной смертности популяции составляет $v_m = 0,486$, или 48,6%, промысловой — $v_f = 0,0113$, или 1,13%, т.е. годичные естественные потери численности популяции остаются значительно выше, чем годовые потери от промысла. Из этого следует, что естественная смертность является одним из важнейших факторов, определяющих численность формирующихся от молодежи поколений и величину получаемого промыслового возврата. Исследования показали, что на форму кривых естественной смертности рыб влияют относительная скорость линейно-веса роста, размеры и возраст полового созревания, для которых характерна внутривидовая географическая и внутрипопуляционная экологическая изменчивость (Зыков, 2005). Поэтому изменчивость этих биологических показателей у шипа следует учитывать при расчете коэффициентов естественной смертности, численности и биомассы поколений, образующихся от искусственно выращиваемой молодежи.

Коэффициенты естественной смертности шипа v_{m_i} в течение жизни изменяются по U-образной кривой, минимум которой приходится на возраст полового созревания, а самые высокие значения — на начало и окончание жизненного цикла. Это соответствует современным теоретическим представлениям о возрастной изменчивости значений коэффициентов естественной смертности у рыб в течение жизненного цикла (Гулин, 1967, 1971; Тюрин, 1972; Булгакова, Ефимов, 1982; Зыков, Слепокуров, 1983; Зыков, 1986, 1987, 2005, 2006, 2011; Зыкова, 1993; Максименко, Антонов, 2002; Зыков, Распопов, 2007; Зыков и др., 2013; Зыкова и др., 2013). Минимальное значение коэффициента естественной смертности у шипа составляет $v_{mp} = 0,109$, или 10,9% и прихо-

РАСЧЕТ ПРОМЫСЛОВОГО ВОЗВРАТА КАСПИЙСКОГО ШИПА

Таблица 1. Расчет промыслового возврата шипа от молоди искусственного воспроизводства

Возраст t , лет	Длина l , см	Масса W , кг	v_{m_t} , ед.	γ_t , ед.	Поколение (условная популяция)		Нерестовое стадо		Вылов		Естественная смертность	
					тыс. экз.	тыс. т	тыс. экз.	тыс. т	тыс. экз.	тыс. т	тыс. экз.	тыс. т
0,1	18,0	0,023	0,579	-	1000,0	0,023	-	-	-	-	579,2	0,155
1,1	47,9	0,511	0,412	-	420,8	0,215	-	-	-	-	173,5	0,151
2,1	63,3	1,234	0,319	-	247,4	0,305	-	-	-	-	78,95	0,132
3,1	75,0	2,104	0,257	-	168,4	0,354	-	-	-	-	43,27	0,112
4,1	84,7	3,088	0,212	-	125,2	0,386	-	-	-	-	26,58	0,096
5,1	93,2	4,168	0,180	-	98,59	0,411	-	-	-	-	17,71	0,084
6,1	100,7	5,332	0,155	-	80,88	0,431	-	-	-	-	12,57	0,075
7,1	107,6	6,571	0,138	-	68,31	0,449	-	-	-	-	9,400	0,068
8,1	114,0	7,878	0,125	0,10	58,91	0,464	1,964	0,015	0,982	0,008	7,361	0,063
9,1	120,0	9,248	0,116	0,25	50,57	0,468	4,214	0,039	2,107	0,019	5,888	0,059
10,1	125,6	10,68	0,111	0,35	42,57	0,455	4,967	0,053	2,483	0,027	4,743	0,054
11,1	130,8	12,16	0,109	0,45	35,35	0,430	5,302	0,064	2,651	0,032	3,863	0,050
12,1	135,9	13,69	0,110	0,55	28,83	0,395	5,286	0,072	2,643	0,036	3,163	0,046
13,1	140,7	15,28	0,112	0,65	23,03	0,352	4,989	0,076	2,495	0,038	2,586	0,042
14,1	145,3	16,91	0,117	0,75	17,95	0,303	4,487	0,076	2,243	0,038	2,097	0,037
15,1	149,7	18,58	0,123	0,85	13,61	0,253	3,855	0,072	1,928	0,036	1,674	0,033
16,1	154,0	20,30	0,131	0,95	10,00	0,203	3,168	0,064	1,584	0,032	1,309	0,028
17,1	158,1	22,06	0,140	1,0	7,112	0,157	2,371	0,052	1,185	0,026	0,995	0,023
18,1	162,1	23,86	0,150	1,0	4,932	0,118	1,644	0,039	0,822	0,020	0,741	0,018
19,1	165,9	25,69	0,162	1,0	3,369	0,087	1,123	0,029	0,561	0,014	0,545	0,015
20,1	169,7	27,57	0,174	1,0	2,262	0,062	0,754	0,021	0,377	0,010	0,394	0,011
21,1	173,3	29,48	0,188	1,0	1,491	0,044	0,497	0,015	0,248	0,007	0,280	0,009
22,1	176,9	31,42	0,202	1,0	0,963	0,030	0,321	0,010	0,160	0,005	0,194	0,006
23,1	180,3	33,40	0,217	1,0	0,608	0,020	0,203	0,007	0,101	0,003	0,132	0,005
24,1	183,7	35,41	0,233	1,0	0,374	0,013	0,125	0,004	0,062	0,002	0,087	0,003
25,1	187,0	37,45	0,250	1,0	0,225	0,008	0,075	0,003	0,037	0,001	0,056	0,002
26,1	190,2	39,53	0,267	1,0	0,131	0,005	0,044	0,002	0,022	0,001	0,035	0,001
27,1	193,4	41,63	0,285	1,0	0,074	0,003	0,025	0,001	0,012	0,001	0,021	0,001
28,1	196,5	43,76	0,303	1,0	0,041	0,002	0,014	0,001	0,007	0	0,012	0,001
29,1	199,5	45,93	0,322	1,0	0,022	0,001	0,007	0	0,004	0	0,007	0
30,1	202,5	48,12	0,341	1,0	0,011	0,001	0,004	0	0,002	0	0,004	0
31,1	205,4	50,34	0,361	1,0	0,005	0	0,002	0	0,001	0	0,002	0
32,1	208,3	52,58	0,382	1,0	0,003	0	0,001	0	0,000	0	0,001	0
33,1	211,1	54,86	0,402	1,0	0,001	0	0	0	0,000	0	0	0
Всего	-	-	-	-	2512,0	6,450	45,44	0,716	22,72	0,358	977,3	1,379

Примечание. Число выращенной молоди $R_{0,5} = 1$ млн экз., коэффициент промысловой смертности нерестового стада $v_{f_{m_t}} = 0,5$, периодичность нереста один раз в 3 года ($\tau = 3$).

дится на возраст 50%-ного полового созревания — 12 лет (табл. 1).

Исследования показали, что естественная смертность рыб в течение периода существования поколений во многом зависит от размеров, которых особи генераций достигают на первом году жизни. Более низкая естественная смертность на первом году жизни и высокая выживаемость в последующий период существования наблюдаются у поколений, отличающихся ускоренным ростом молоди и более значительными размерами годовиков (Зыков, 2005, 2006). От более крупных сеголеток формируются более жизнестойкие и высокие по численности и биомассе поколения, что необходимо учитывать при прогнозировании запасов, а также при разработке и обосновании биологических нормативов выращиваемой на заводах молоди.

Соотношения (1), (5), (6) показывают, что величина полученного от поколения промыслового возврата N_f зависит не только от количества выращенной на заводах молоди $R_{0,5}$, но также от темпа полового созревания поколений γ_t , периодичности нереста τ и степени промыслового изъятия заходящих в реку производителей v_{fi} . Влияние на величину промыслового возврата объемов выращиваемой молоди $R_{0,5}$ и темпа полового созревания γ_t достаточно очевидно — с увеличением их

значений получаемый от поколений промысловый возврат повышается. Влияние на величину промыслового возврата периодичности нереста τ и коэффициента промыслового изъятия производителей v_{fi} показано в табл. 2, 3.

Расчеты показали, что при увеличении периода между двумя нерестами с 1 до 5 лет и 50%-ном промысловом изъятии производителей численность условной популяции шипа, образующейся от 1 млн экз. заводской молоди, увеличивается с 2,42 до 2,55 млн экз., т.е. на 5,4%, а биомасса — с 4,8 до 7,3 тыс. т, или на 51,7%. Из-за снижения доли участвующих в нересте производителей численность нерестового стада снижается с 68,8 до 33,9 тыс. экз., т.е. в два раза, а биомасса — с 0,85 до 0,58 тыс. т, или в 1,5 раза. Промысловый возврат шипа по численности при этом сокращается с 34,38 до 16,96 тыс. экз., т.е. в 2 раза, по биомассе — с 0,43 до 0,29 тыс. т, или в 1,6 раза. Коэффициент промыслового возврата снижается с 3,4 до 1,7% — в 2 раза, а средний вес в уловах возрастает с 12,4 до 17,2 кг (табл. 2). Следует отметить, что половые циклы шипа изучены недостаточно полно и в отношении периодичности нереста, существенно влияющей на величину промыслового возврата, в литературе имеются лишь краткие сообщения (Никольский, 1971).

Таблица 2. Влияние периодичности нереста τ на промысловый возврат, численность и биомассу условной популяции шипа

Периодичность нереста τ , лет	Численность популяции		Биомасса нерестового стада		Промысловый возврат		Средний вес в улове, кг	Коэффициент промыслового возврата K_f	
	тыс. экз.	тыс. т	тыс. экз.	тыс. т	тыс. экз.	тыс. т		ед.	%
1	2420,0	4,815	68,8	0,851	34,4	0,426	12,4	0,034	3,44
2	2477,8	5,785	54,6	0,792	27,3	0,396	14,5	0,027	2,73
3	2512,0	6,450	45,4	0,716	22,7	0,358	15,8	0,023	2,27
4	2535,0	6,935	38,8	0,645	19,4	0,322	16,6	0,019	1,94
5	2551,6	7,302	34,0	0,582	17,0	0,291	17,2	0,017	1,70

Примечание. Число выращенной молоди $R_{0,5} = 1$ млн экз., коэффициент промысловой смертности нерестового стада $v_{fi} = 0,5$.

Таблица 3. Влияние степени облова нерестового стада v_{fn} на промысловый возврат, численность и биомассу условной популяции шипа

Коэффициент промысловой смертности нерестового стада v_{fn} , ед.	Численность популяции		Биомасса нерестового стада		Промысловый возврат		Средний вес в улове, кг	Коэффициент промыслового возврата K_f	
	тыс. экз.	тыс. т	тыс. экз.	тыс. т	тыс. экз.	тыс. т		ед.	%
0,1	2611,0	8,733	74,0	1,414	7,4	0,141	19,1	0,007	0,74
0,2	2578,0	7,917	64,2	1,159	12,8	0,232	18,1	0,013	1,28
0,3	2551,6	7,302	56,5	0,970	17,0	0,291	17,2	0,017	1,70
0,4	2530,0	6,826	50,4	0,827	20,2	0,331	16,4	0,020	2,02
0,5	2512,0	6,450	45,4	0,716	22,7	0,358	15,8	0,023	2,27
0,6	2496,8	6,145	41,4	0,629	24,8	0,377	15,2	0,025	2,48
0,7	2483,7	5,894	37,9	0,558	26,5	0,391	14,7	0,027	2,65
0,8	2472,3	5,684	35,0	0,501	28,0	0,401	14,3	0,028	2,80
0,9	2462,3	5,505	32,5	0,453	29,3	0,408	13,9	0,029	2,93

Примечание. Число выращенной молоди $R_{0,5} = 1$ млн экз., периодичность нереста $\tau = 3$ года.

Дальнейшие расчеты показали, что при трехлетней периодичности нереста и увеличении коэффициента промыслового изъятия нерестового стада с 10 до 90% (табл. 3) численность условной популяции шипа снижается с 2,61 до 2,46 млн экз., т.е. на 5,7%, а биомасса — с 8,7 до 5,5 тыс. т, или на 37%. Численность нерестового стада уменьшается с 74 до 32 тыс. экз., т.е. в 2 раза, биомасса — с 1,41 до 0,45 тыс. т, или в 3,1 раза, средний вес производителей в уловах снижается с 19,1 кг до 13,9 кг, или в 1,35 раза, промысловый возврат по численности возрастает с 7,4 до 29,3 тыс. экз. — в 4 раза, по биомассе — с 0,14 до 0,41 тыс. т, или в 3,3 раза. Коэффициент промыслового возврата в этом случае повышается с 0,74 до 2,93%, в 4,2 раза (табл. 3). Связь между коэффициентом промыслового изъятия производителей, численностью популяции и промысловым возвратом при этом носит нелинейный характер (табл. 3).

Проведенные таким образом исследования показали, что периодичность не-

реста, темп полового созревания и степень промыслового изъятия заходящих на нерест производителей оказывают на величину промыслового возврата достаточно существенное влияние, что необходимо учитывать при расчете его ожидаемой величины и проведении других рыбохозяйственных расчетов.

По результатам наших исследований (Зыков, 2011; Зыков и др., 2013; Зыкова и др., 2013), коэффициент промыслового возврата каспийской белуги в зависимости от периодичности нереста и степени изъятия нерестового стада может изменяться от 0,3 до 1,1%, каспийской севрюги — от 0,5 до 2,7%, русского осетра — от 0,6 до 3,1%.

Полученные в наших расчетах коэффициенты промыслового возврата шипа с колебаниями от 0,44 до 3,44% близки к таковым у других видов каспийских осетровых.

Результаты определения промыслового возврата шипа от выращиваемой молоди (табл. 1–3) позволили оценить роль искусственного воспроизводства в формировании его запасов в 1960–1980-х гг.

В этот период ежегодные объемы искусственного воспроизводства шипа при колебаниях от 0,4 до 6,4 млн экз. в среднем составляли 2,2 млн экз. (рис. 2), вылов при колебаниях от 0,15 до 1,9 тыс. т был близким к 0,9 тыс. т.

Расчеты, выполненные по модели (1) для объемов искусственного воспроизводства 0,4–6,4 (в среднем 2,2 млн экз.), периодичности нереста $\tau = 3$ года и степени изъятия производителей $v_{fi} = 0,2$ (20%), показали, что промысловый возврат от выпускаемой в таких количествах молоди шипа в период 1970–1980-х гг. колебался от 0,09 до 1,55 тыс. т и составлял в среднем 0,53 тыс. т. Сопоставление промыслового возврата шипа, получаемого от заводской молоди, с годовыми уловами показало, что в этот период на долю рыб искусственного воспроизводства в запасах и уловах в среднем приходилось 61,7%. Общая численность искусственно сформированной популяции шипа в среднем составляла 5,67 млн экз., биомасса – 17,7 тыс. т. Численность заходящих в реки производителей шипа заводского происхождения находилась на уровне 141,3 тыс. экз., биомасса – 2,55 тыс. т.

С помощью модели (1) методом итераций были рассчитаны объемы искусственного воспроизводства, обеспечивающие получение максимального наблюдавшегося в истории промысла улова шипа, близкого к 1,9 тыс. т. Расчеты показали, что при трехлетней периодичности нереста и 20%-ном изъятии заходящих на нерест производителей ежегодные объемы искусственного воспроизводства шипа, обеспечивающие получение промыслового возврата на уровне 1,9 тыс. т, должны соответствовать 7,83 млн экз., а при 30%-ном изъятии – 6,22 млн экз. В этом случае средняя навеска шипа в уловах при 20%-ном изъятии производителей равна 18,9 кг, а при 30%-ном – 18,0 кг.

В заключении следует отметить, что оценка промыслового возврата шипа от молоди искусственного воспроизводства – всего лишь одна из задач общей проблемы сохранения численности и восстановления запасов каспийских осетровых. Не менее важными являются задачи определения оптимального видового состава выращиваемой на ОРЗ молоди осетровых, а также оценка объемов искусственного воспроизводства, обеспечивающих формирование их запасов

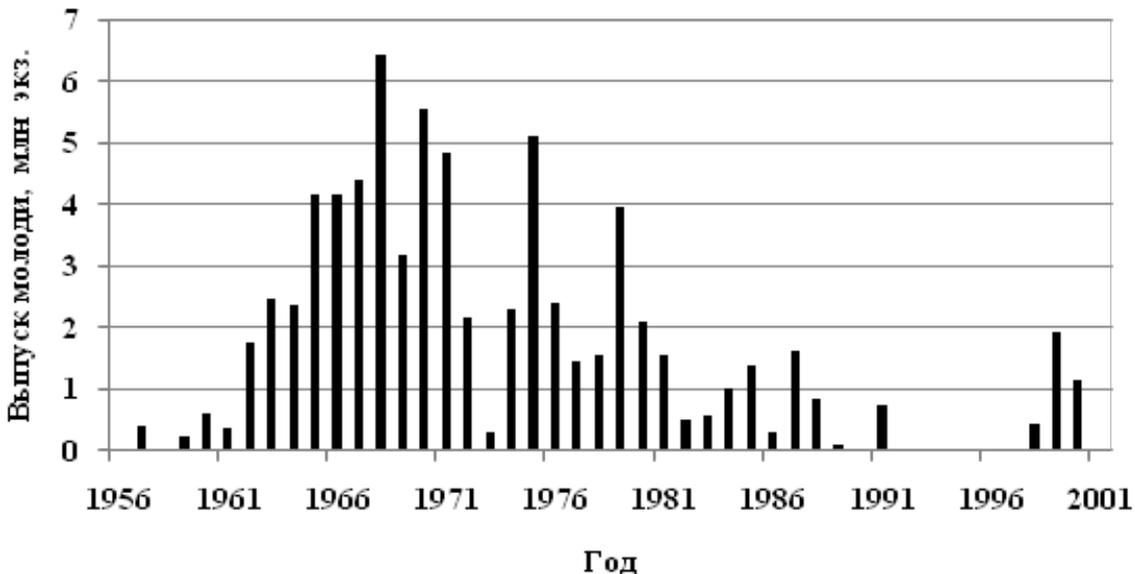


Рис. 2. Объемы искусственного воспроизводства шипа в период 1956–2001 гг.

в соответствии с современной кормовой продуктивностью Каспийского моря и годовыми пищевыми потребностями сформированных популяций. Для решения этих и других задач, связанных с проблемой восстановления запасов осетровых, потребуются усилия и участие в совместных исследованиях всех прикаспийских государств.

Следует также отметить, что для восстановления запасов шипа необходим достаточно продолжительный период времени. Выращенная на рыбозаводах молодь этого вида впервые приходит на нерест через 8 лет, а в массе вступает в промысловое стадо через 12–14 лет (табл. 1). В этих условиях особое внимание следует уделить разработке неотложных мер по расширению объемов его искусственного воспроизводства и решению проблемы искоренения на Каспии морского и речного браконьерства.

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. Промысловый возврат шипа, получаемый от молоди искусственного воспроизводства, зависит от числа выращиваемой на заводах молоди, скорости линейного и весового роста, естественной смертности, темпов полового созревания, периодичности нереста и степени промыслового изъятия заходящих на нерест производителей.

2. Промысловый возврат увеличивается, когда объемы выращивания молоди, темпы полового созревания и степень промыслового изъятия производителей возрастают, а период между двумя нерестами снижается.

3. Одним из важнейших факторов, определяющих численность и биомассу формирующихся от молоди поколений, является естественная смертность. Естественные потери снижаются, а численность, биомасса поколений и получаемый промысловый возврат повышаются, если средние размеры выращиваемой на заводах молоди увеличиваются.

4. Следует организовать регулярный ихтиологический мониторинг состояния запасов и важнейших биологических харак-

теристик шипа (рост, половое созревание, периодичность нереста, спектры питания, длина и масса выращиваемой на заводах молоди и др.), влияющих на величину коэффициентов естественной смертности, а через их значения — на численность и биомассу формирующихся от заводской молоди поколений и величину промыслового возврата.

5. Необходимо провести исследования по определению объемов искусственного воспроизводства, обеспечивающих формирование запасов шипа в соответствии с продукцией кормовой базы и пищевыми потребностями искусственно сформированной популяции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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

Борисов В. М. Анализ взаимодействия промысловой и естественной смертности рыб // *Вопр. ихтиологии.* 1988а. Т. 28. Вып. 4. С. 604–618.

Борисов В. М. Ретроспективная оценка численности промысловых рыб на основе условных и действительных коэффициентов смертности // Там же. 1988б. Т. 28. Вып. 6. С. 915–926.

Борисов В. М., Залесских Л. М. Оценка состояния запасов и степени промысловой эксплуатации печерской наваги // *Сб. науч. тр. 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.

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. Дифференцированная оценка величины общей, промысловой и естественной смертности у рыб в зависимости от их пола и возраста с учетом специфики

внутренних водоемов // Сб. науч.-технич. 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. 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.

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. дис. ... канд. биол. наук. Ленинград: ГосНИОРХ, 1987. 32 с.

Зыков Л.А. Биоэкологические и рыбохозяйственные аспекты теории естественной смертности рыб. Астрахань: Изд-во Астрахан. госун-та, 2005. 373 с.

Зыков Л.А. Биоэкологические и рыбохозяйственные аспекты теории естественной смертности рыб: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. Астрахань: АГУ, 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. «Комплексный подход к проблеме сохранения биоресурсов Каспийского бассейна». Астрахань, 2008. С. 355.

Зыков Л.А. Оценка промыслового возврата каспийской белуги *Huso huso* от молоди искусственного воспроизводства // Вопр. рыболовства. 2011. Т. 12. № 2. С. 64–86.

Зыков Л.А., Распопов В.М. Опыт оценки перспективных объектов искусственного воспроизводства на основе биолого-продукционных 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. 2013. Т. 14. № 3. С. 460–477.

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. симп. «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 рыбопитомниках 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. Т. 14. № 2. С. 303–320.

Иванов В.П., Мажник А.Ю. Рыбное хозяйство Каспийского бассейна. Белая книга. М.: Изд-е журн. «Рыб. хоз-во», 1997. 40 с.

- Казанчев Е. Н.* Рыбы Каспийского моря. М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1981. 167 с.
- Каспийское море: Ихтиофауна и промысловые ресурсы / Под ред. В. Н. Беляевой и др.* М.: Наука, 1989. 234 с.
- Кожин Н. И.* Коэффициент промыслового возврата // Тр. ВНИРО. 1951. Т. 19. С. 22–29.
- Максименко В. П., Антонов Н. П.* Оценка естественной смертности у морских промысловых популяций рыб Камчатского шельфа // Вопр. рыболовства. 2002. Т. 3. № 3. С. 450–463.
- Никольский Г. В.* Частная ихтиология. М.: Высш. шк., 1971. 386 с.
- Рикер У. Е.* Методы оценки и интерпретация биологических показателей популяций рыб. М.: Пищ. пром-сть, 1979. 408 с.
- Тюрин П. В.* «Нормальные» кривые переживания и темпов естественной смертности рыб как основа регулирования рыболовства // Изв. ГосНИОРХ. 1972. Т. 71. С. 71–127.
- Черфас Б. И.* Рыбоводство в естественных водоемах. М.: Пищ. пром-сть, 1950. 215 с.
- Шмальгаузен И. И.* Рост животных. М.; Л.: Наука, 1935. 188 с.
- Шорыгин А. А.* Питание и пищевые взаимоотношения рыб Каспийского моря. М.: Пищ. пром-сть, 1952. 268 с.

ESTIMATION OF YIELD-TO-FISHERY COEFFICIENT OF THE CASPIAN SEA SPINY STURGEON *ACIPENSER NUDIVENTRIS* FROM FINGERLINGS OF ARTIFICIAL REPRODUCTION

© 2015 y. L. A. Zykov, A. B. Kazanskiy*, M. I. Abramenko**

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

**Sechenov Institute of Evolutionary Physiology and Biochemistry of the Russian Academy of Sciences,
Saint-Petersburg, 194223*

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

Estimation of yield-to-fishery coefficient of Caspian Sea spiny sturgeon from fingerlings, released at artificial reproduction is given, based on the model of mean generation abundance and biomass dynamics, accounting for maturation rate, spawning periodicity, age-specific natural mortality and fishing effort. The role of artificial reproduction in the formation of ship population in the period of 1970–1980-s is estimated as well. Recommendations concerning restoration and management of ship stocks are proposed.

Keywords: Caspian Sea spiny sturgeon, artificial reproduction, number, biomass, population, yield-to-fishery coefficient.