

УДК 597.553.2–135(282.257.5)

**В.И. Островский, Е.В. Подорожнюк, А.П. Шмигирилов\***Хабаровский филиал Тихоокеанского научно-исследовательского  
рыбохозяйственного центра, 680028, г. Хабаровск, Амурский бульвар, 13а**ЗАВИСИМОСТЬ ЧИСЛЕННОСТИ ПОТОМКОВ  
ОСЕННЕЙ КЕТЫ (*ONCORHYNCHUS KETA*) Р. АМУР  
ОТ ЧИСЛЕННОСТИ РОДИТЕЛЕЙ**

Проведен анализ связи численности потомков осенней амурской кеты *Oncorhynchus keta* с численностью родителей. Зависимость данных переменных аппроксимировали оригинальным уравнением. Установлено, что наибольшая прибавочная продукция данной группировки лососей наблюдается при нересте около 4,5 млн экз. рыб. Анализируются возможные варианты последствий эксплуатации запаса на основе стратегии постоянного значения коэффициента эксплуатации и стратегии постоянного остатка.

**Ключевые слова:** тихоокеанские лососи, *Oncorhynchus keta*, запас, пополнение, стратегия эксплуатации.

**Ostrovsky V.I., Podorozhnyuk E.V., Shmigirilov A.P.** Dependence of progeny abundance for fall chum salmon (*Oncorhynchus keta*) in the Amur River on the parents abundance // *Izv. TINRO*. — 2015. — Vol. 183. — P. 41–50.

The stock of the Amur fall chum salmon (*Oncorhynchus keta*) was low in 2000–2005 (annual catches varied in the range of 500–1300 t) but began to increase since 2006 and the catch exceeded 22000 t in 2014. The increasing was accompanied by gradual decrease of abundance for downstream-migrant juveniles of this species. This opposite effect could be related both with excessive fishing pressure and lack of producers or with excess of the producers number over an optimum, i.e. overloading of spawning grounds — that determines strategy of fishery management. To understand the juveniles lowering, the progeny-parents relationship is considered. It is described by original equation for the difference between the number of spawners and number of progeny. The optimal value of the spawners number is defined as approximately  $4.5 \cdot 10^6$  ind. Recently the number of producers regularly exceeds the optimum. So, recent catch values are not excessive, but insufficient, in spite of low number of downstream-migrant juveniles. This conclusion is consistent with conception on harm of spawning grounds overloading for salmon reproduction. Possible consequences of this local stock management on the base of strategy of constant exploitation coefficient and permanent residue are discussed.

**Key words:** pacific salmon, *Oncorhynchus keta*, fish stock, fish recruitment, strategy of fish stock management.

**Введение**

В текущем столетии, как и в прошлом, прогноз численности амурских лососей, вернувшихся из моря в конкретном году (запас, подход), основывается на оценке

\* *Островский Владимир Иванович*, кандидат биологических наук, начальник отдела, e-mail: [ostrovkhv@rambler.ru](mailto:ostrovkhv@rambler.ru); *Подорожнюк Елена Владимировна*, научный сотрудник, e-mail: [Podorozhnyuk-tinro@yandex.ru](mailto:Podorozhnyuk-tinro@yandex.ru); *Шмигирилов Андрей Петрович*, заведующий лабораторией, e-mail: [apshmig@mail.ru](mailto:apshmig@mail.ru).

*Ostrovsky Vladimir I., Ph.D., head of department*, e-mail: [ostrovkhv@rambler.ru](mailto:ostrovkhv@rambler.ru); *Podorozhnyuk Elena V., researcher*, e-mail: [Podorozhnyuktinro@yandex.ru](mailto:Podorozhnyuktinro@yandex.ru); *Shmigirilov Andrey P., head of laboratory*, e-mail: [apshmig@mail.ru](mailto:apshmig@mail.ru).

численности молоди, мигрирующей в море (покатники). Распад прежней системы мониторинга, когда сбор информации в значительной мере обеспечивали сотрудники Амуррыбвода, привел к необходимости изменения методик оценки как численности покатников, так и запаса (Островский, 2014). В частности, численность покатников стали учитывать на единственной станции, расположенной в русле Амура, запас — на основе мечения (Пасечник, Шмигирилов, 2008).

В переходный период (2006–2014 гг.), когда длина временных рядов не позволяла проверить надежность модифицированных методик, запас прогнозировали по нижнему пределу, уточняя прогноз в ходе путины, что фактически приводило к отсутствию ограничений вылова. Так, с 2000 по 2005 г. вылов амурской кеты *Oncorhynchus keta* летней и осенней рас не достигал 3 тыс. т. В 2006 г. он составил почти 4 тыс. т и с каждым годом увеличивался, превысив в 2014 г. 34 тыс. т.

Судя по уловам на усилии и результатам мечения, запас в этот период действительно увеличивался, но рост вылова сопровождался уменьшением численности покатников. Даже если точность оценки последнего параметра в последние годы может вызывать сомнение, игнорировать данный факт нельзя, поскольку на основе традиционных представлений о прямой связи численности молоди лососей с численностью родителей (Леванидов, 1964, 1969; Никольский, 1974) можно предположить, что состояние запаса близко к перелому по пополнению (Бабаян, 2000).

Основная цель данной работы — попытаться выявить и описать зависимость численности потомков осенней кеты от численности родителей, что необходимо для разработки метода прогнозирования запаса, а также для выбора оптимальной стратегии его эксплуатации. Для этого необходимо определить степень надежности метода мечения для оценки запаса. Вторая цель — попытаться объяснить причины наблюдаемого в последние годы уменьшения численности покатников кеты.

## Материалы и методы

Подход осенней кеты в 2006–2014 гг. оценивали на основе мечения. Зная возрастной состав рыб, рассчитали их абсолютную численность в каждой возрастной группе (табл. 1). Численность выловленных рыб находили делением вылова на среднюю массу тела в данном году. Численность рыб, пропущенных на нерест (численность родителей), рассчитывали по разности подхода и вылова. Численность потомков рыб от нереста в данном (Т) году находили суммированием численности рыб, вернувшихся из моря в возрасте 2+ лет в Т+3 году, 3+ лет в Т+4 году, 4+ лет в Т+5 году и 5+ лет в Т+6 году. Для примера — численность потомков от нереста в 2006 г. 0,967 млн экз. кеты составляла 7,453 млн экз., она слагалась из значений численности потомков в соответствующих возрастных группах в период 2009–2012 гг. (в табл. 1 выделены).

Исходные данные для расчета численности родителей и потомков осенней кеты р. Амур, млн экз.

Table 1  
Input data for calculation of parents and progeny number for the Amur fall chum, 10<sup>6</sup> ind.

Год	Подход	Возраст, годы				Вылов	Численность родителей	Численность потомков
		2+	3+	4+	5+			
2006	1,487	0,092	1,026	0,357	0,012	0,520	0,967	<b>7,453</b>
2007	2,982	0,107	2,093	0,766	0,015	0,963	2,019	8,997
2008	9,717	0,223	7,200	2,274	0,019	1,249	8,468	9,157
2009	5,623	<b>0,281</b>	3,936	1,350	0,056	1,368	4,255	21,975
2010	9,460	1,391	<b>6,281</b>	1,712	0,047	1,979	7,481	10,779
2011	8,411	0,833	6,687	<b>0,875</b>	0,017	2,163	6,248	
2012	5,375	1,145	3,365	0,849	<b>0,016</b>	3,675	1,700	
2013	23,533	1,365	17,250	4,848	0,071	2,606	20,927	
2014	15,983	2,877	9,414	3,580	0,112	6,556	9,427	

В настоящее время полностью можно рассчитать численность кеты трех поколений — 2006–2008 гг. Если пренебречь обычно малочисленной (менее 1 %) возрастной группой 5+ от нереста в 2009 г., которая вернется в 2015 г., число восстановленных поколений увеличится до четырех. Поскольку ряд наблюдений слишком короток для полноценного анализа соотношения численности родителей и потомков, а выводы о характере зависимости срочно необходимы, в анализ включены и потомки рыб, нерестившихся в 2010 г., возврат которых составляет порядка 80 % от окончательного значения их численности.

### Результаты и их обсуждение

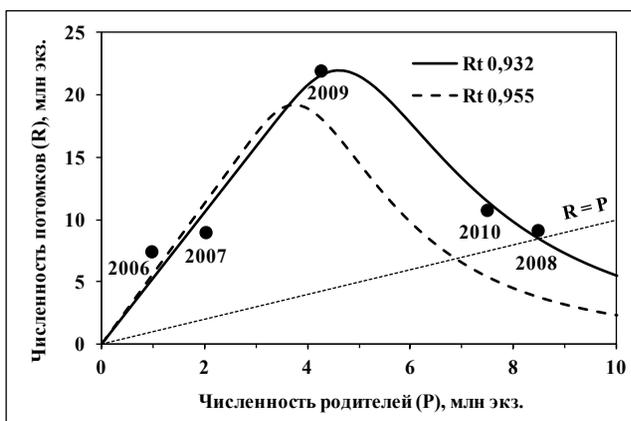
Зависимость численности потомков осенней амурской кеты ( $R$ , млн экз.) от численности родителей ( $P$ , млн экз.) в графическом представлении имеет форму купола (рис. 1). Для ее описания использовали уравнение, разработанное для нерки (Островский, Семенченко, 2002):

$$R = a \cdot P \cdot (1 - \exp(-(b/P)^c)), \quad (1)$$

где  $a$ – $c$  — коэффициенты (табл. 2), значения которых подобраны итерационными методами, реализованными в пакете прикладных программ SYSTAT 5.02. Уравнение Рикера (1979) для описания зависимости  $R(P)$  оказалось менее пригодным, поскольку доля дисперсии численности потомков, которую можно объяснить влиянием численности родителей при аппроксимации материала данным уравнением, почти на 40 % меньше, чем при использовании уравнения (1).

Рис. 1. Зависимость численности потомков осенней кеты р. Амур от численности родителей, нерестившихся в указанном году (сглажена по уравнению 1,  $R_t 0,932$ , коэффициенты см. табл. 2). Линия регрессии  $R_t 0,955$  построена по литературным данным (см. в тексте)

Fig. 1. Dependence on the Amur fall chum progeny on the parents abundance (smoothed by the Equation 1 with  $R_t = 0.932$  and coefficient from Table 2) in compare with the dependence for  $R_t = 0.955$  from cited data. Years of spawning are shown



Судя по численности потомков от нереста в 2010 г., вернувшихся к 2014 г., и среднему многолетнему возрастному составу осенней кеты, после завершения нагула в море рыб данного поколения (в возрасте 4+ в 2015 г. и 5+ в 2016 г.) его численность увеличится не более чем на 2 млн экз., что не окажет принципиального влияния на характер описываемой зависимости (рис. 1).

Несмотря на тесную связь рассматриваемых переменных ( $R^2_c = 0,932$ , табл. 2), вследствие малого числа наблюдений значение  $F$ -критерия Фишера не превышает пороговое значение для 95 %-ного уровня. Наименее надежно определено значение коэффициента  $c$ , которое в пределах 95 %-ного доверительного интервала попадает как в положительную, так и в отрицательную область.

Уверенность в том, что среднее значение коэффициента  $c$  соответствует реальным связям переменных, придает то обстоятельство, что значения всех коэффициентов практически не отличаются от найденных с достаточной надежностью ( $P < 0,01$ ) на основе анализа материалов 1947–1957 гг. по этой же группировке кеты, приведенных в работе В.Я. Леванидова (1969). Эти материалы также аппроксимировали уравнением (1), значения коэффициентов составили:  $a = 5,663 \pm 0,486$ ;  $b = 4,610 \pm 0,218$ ;  $c = 4,127 \pm 0,549$ ;  $R^2_c = 0,955$  (Ostrovskyy, 2002).

Таблица 2

Значения коэффициентов и результаты анализа уравнения, описывающего зависимость численности потомков осенней кеты р. Амур от численности родителей

Table 2

Coefficients and parameters of the equation describing dependence of the Amur fall chum progeny abundance on their parent abundance

Коэффициент	Среднее значение $\pm$ асимптотическая стандартная ошибка
a	5,304 $\pm$ 0,704
b	5,691 $\pm$ 0,776
c	3,940 $\pm$ 1,318
Дисперсионный анализ	
Скорректированная сумма квадратов остатков : число степеней свободы	138,22 : 4
Остаточная сумма квадратов остатков : число степеней свободы	9,404 : 2
Скорректированный коэффициент детерминации ( $R^2_c$ )	0,932
F-критерий Фишера	13,698
Уровень значимости уравнения (P)	> 0,05
Стандартная ошибка уравнения	3,067

Линия регрессии, построенная по уравнению (1) с использованием данных коэффициентов ( $R_t$  0,955, рис. 1), схожа с линией регрессии, построенной по нашим данным ( $R_t$  0,932). Несколько меньшее соотношение R/P при средней и высокой численности родителей от нереста в 1947–1957 гг. могло быть обусловлено развитым в то время морским дрейфтерным промыслом (Шунтов и др., 1993; Шунтов, Темных, 2011).

Расчетные и фактические значения численности потомков тесно связаны ( $R^2_c = 0,932$ , табл. 2), но точность прогноза запаса на конкретный год зависит от точности расчета численности потомков пяти смежных лет и оправданности предположения об их возрастном составе. Полные ряды прогнозных и фактических значений запаса коротки (2011–2014 гг.), что не позволяет сравнить их с достаточной надежностью. На данном этапе гипотезы о различии средних значений этих рядов и их дисперсий отвергаются с вероятностью более 99 %, коэффициент парной корреляции между этими переменными равен 0,97.

Таким образом, проведенный анализ позволяет заключить, что результаты экспериментальной оценки численности осенней кеты Амура методом мечения вполне сопоставимы с результатами оценок прежних лет, основанных на прямом учете численности производителей на нерестилищах в сумме с численностью выловленных рыб. Следовательно, выявленная связь численности потомков с численностью родителей может быть использована для предварительного заключения о закономерностях воспроизводства осенней кеты, для разработки прогноза запаса (подхода), а также для оптимизации стратегии эксплуатации данной группировки лососей.

Согласно полученным результатам, максимальная прибавка ( $R - P$ ) «урожая», равная 17,5 млн экз., должна наблюдаться при нересте 4,5 млн экз. осенней кеты (оптимум пропуска,  $P_{opt}$ ), при пропуске на нерест около 8,5 млн экз. прибавка равна 0 ( $R = P$ ), при большем пропуске на нерест численность потомков становится меньше численности родителей. Из 9 лет проведения эксперимента по мечению осенней кеты численность рыб, пропущенных на нерестилища, 5 лет превышала оптимум, 3 года была ниже оптимума и лишь в 2009 г. была близкой к нему (4,255 млн экз., см. табл. 1).

Зная численность рыб, пропущенных на нерестилища в 2006–2014 гг. (табл. 1), по уравнению (1) рассчитали численность потомков каждого поколения (табл. 3). Предполагая, что возрастной состав последних не будет отличаться от среднемноголетнего возрастного состава родителей, рассчитали численность потомков в возрастных группах. Так, например, численность поколения 2006 г. от нереста 0,967 млн экз. осенней кеты должна составить 5,127 млн экз., которые, соответственно предположению об их возрастном составе, должны были вернуться из моря в 2009–2012 гг. (в табл. 3 выде-

Forecast of the Amur fall chum stock abundance and biomass

Год	Rt, млн экз.	Возраст потомков, годы				Запас, млн экз.	Биомасса запаса, тыс. т
		2+	3+	4+	5+		
2006	5,127						
2007	10,707						
2008	8,467						
2009	21,596	0,494	Н/д	Н/д	Н/д	0,494	1,773
2010	11,450	1,033	3,555	Н/д	Н/д	4,587	16,448
2011	16,553	0,817	7,423	1,050	Н/д	9,290	33,311
2012	9,019	2,083	5,871	2,194	0,026	10,173	36,475
2013	0,654	1,104	14,973	1,735	0,054	17,866	64,059
2014	6,397	1,596	7,938	4,425	0,042	14,002	50,204
2015	Н/д	0,870	11,477	2,346	0,108	14,800	53,067
2016	Н/д	0,063	6,253	3,391	0,057	9,765	35,013
2017	Н/д	0,617	0,454	1,848	0,083	3,001	10,761
2018	Н/д	Н/д	4,435	0,134	0,045	4,614	16,545
2019	Н/д	Н/д	Н/д	1,311	0,003	1,314	–
2020	Н/д	Н/д	Н/д	Н/д	0,032	0,032	–

Примечание. Rt — численность потомков, н/д — нет данных.

лены). Вполне очевидно, что, сделав некоторые предположения относительно вылова рыб после 2014 г., аналогичные расчеты можно продлить на неограниченный срок, что может быть полезным для анализа наиболее вероятных последствий принятия управленческих решений.

Суммируя расчетную численность рыб в возрастных группах по отдельным годам, составили прогноз численности и, с учетом среднемноголетней массы тела осенней кеты, равной 3,586 кг, биомассы запаса на 2015–2018 гг. Полученные результаты позволяют предположить, что запас в 2015 г. составит около 14,8 млн экз. (в весовом выражении около 50,2 тыс. т), что почти вдвое больше предварительного значения прогноза запаса, рассчитанного традиционно (7,619 млн экз., 27,2 тыс. т) по численности покатной молоди.

В последние годы прогнозы запаса осенней амурской кеты, разрабатываемые нами на основе численности учтенной молоди, в ходе путины регулярно корректируются в сторону увеличения, что свидетельствует либо о систематическом занижении оценки численности молоди вследствие вынужденного изменения методики учета (Островский, 2014), либо об увеличении выживаемости молоди в море. В среднем в 2010–2014 гг. прогнозы запаса, основанные на данных по численности молоди, были в 2,2 раза меньше его фактических значений, поэтому ожидание почти двукратно большего по сравнению с расчетами по численности покатников возврата в 2015 г., соответствующего расчетам по уравнению (1), не лишено оснований.

Знание абсолютной численности потомков в различных возрастных группах позволяет оценить последствия массовой донерестовой гибели осенней кеты, которая за всю историю наблюдений отмечалась единственный раз — в 2008 г. (Podorozhnyuk, 2009). Наибольшая разность фактических (см. табл. 1) и расчетных (см. табл. 3) значений запаса наблюдалась в 2012–2013 гг.: в 2012 г. из моря вернулось на 4,798 млн рыб меньше, а в 2013 г. — на 5,667 млн больше, чем можно было ожидать исходя из выявленных связей.

Ожидания основывались на предположении об идентичности возрастного состава потомков среднему многолетнему возрастному составу родителей, в котором доминируют рыбы в возрасте 3+ лет (около 70%). Действительно, в 4 из 5 случаев доля потомков этой возрастной группы составляла в среднем 81%, но большая часть поколения 2008 г. вернулась не в 2012 г. в возрасте 3+ лет, а в 2013 г. в возрасте 4+ лет (см. табл. 1). Замедленное

созревание поколения 2008 г. привело к дефициту (по сравнению с прогнозом) запаса в 2012 г. и его избытку в 2013 г., но является ли aberrация возрастного состава потомков следствием аномальных условий нереста в 2008 г., пока неизвестно.

Представляет интерес и анализ последствий наводнения на Амуре в 2013 г. Согласно выявленным связям численности родителей с численностью потомков, в 2013 г. можно было ожидать рекордно большого для последних лет возврата осенней кеты (порядка 17,866 млн экз., см. табл. 3), который, как уже упоминали, превысил расчетное значение на 5,667 млн экз. Вследствие сильного паводка промысловая обстановка в 2013 г. была сложной и, несмотря на рекордный для последних лет подход осенней кеты, выловлено лишь 2,606 млн экз., более 20,0 млн экз. прошло на нерестилища (см. табл. 1).

Последствия пропуска на нерестилища такого количества производителей вполне очевидны (рис. 1), численность потомков, вероятно, составит менее 1 млн экз. (см. табл. 3). От нереста в 2013 г. обычно доминирующая возрастная группа потомков в возрасте 3+ лет в 2017 г., вероятно, не превысит 0,5 млн экз., в возрастном составе запаса в 2017 г. будут доминировать рыбы в возрасте 4+ лет (около 1,8 млн экз. поколения 2012 г.), подход составит порядка 3 млн экз. (табл. 3). Таким образом, избыточный пропуск на нерестилища осенней кеты в 2013 г., вероятно, приведет к уменьшению запаса.

Избыточный пропуск на нерестилища ( $P > P_{opt}$ ) наблюдался и в 2014 г. (9,427 млн экз., см. табл. 1), что также предполагает меньший возврат потомков по сравнению с численностью родителей. В итоге возврат в 2018 г., основу которого должны составить рыбы в возрасте 3+ лет генерации 2014 г., также может быть относительно малым (около 4,614 млн экз., см. табл. 3). Таким образом, если выявленная связь численности потомков с численностью родителей достаточно устойчива, после 2015 г. весьма вероятен спад запаса, обусловленный пропуском избыточного количества производителей на нерестилища.

Несмотря на то что надежность оценки абсолютной численности покатной молодежи тихоокеанских лососей в Амуре в последние годы вызывает сомнения, тренд их динамики дает основание полагать, что на фоне роста численности производителей численность покатников уменьшается (рис. 2). Данный факт не укладывается в рамки традиционного представления о прямой связи численности покатной молодежи с численностью родителей, однако он не противоречит представлениям о том, что избыток производителей приводит к уменьшению не только относительного, но и абсолютного количества покатников (Островский, Семенченко, 1985; Семенченко, 1988; Паренский, 1992; Островский, 2013; и др.).

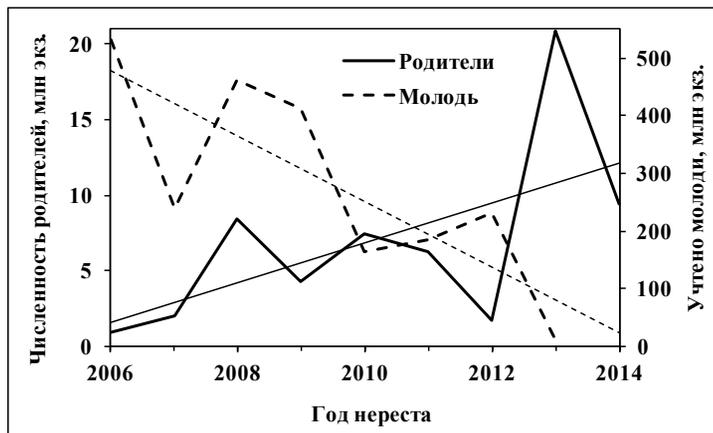


Рис. 2. Динамика численности родителей осенней кеты р. Амур и покатной молодежи осенней и летней рас на следующий год после нереста

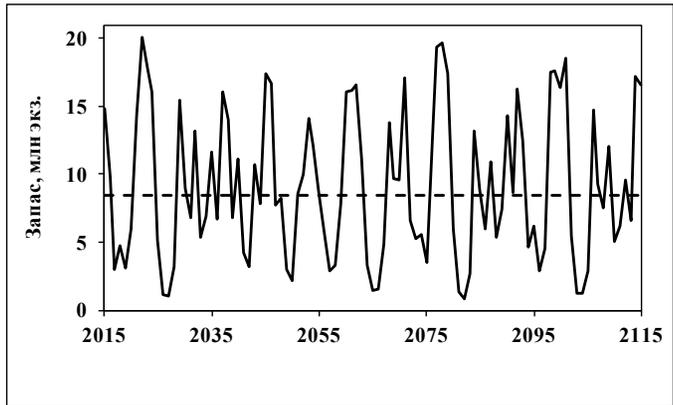
Fig. 2. Dynamics of the Amur fall chum spawners abundance and juveniles of fall and summer races in the next year after spawning

Итак, несмотря на десятикратное увеличение вылова кеты в последние 10 лет, причину уменьшения количества покатников (рис. 2) мы связываем не с чрезмерным, а с недостаточным выловом. Независимо от трактовки причин уменьшения численности покатной молодежи, этот факт подтверждает предположение относительно предстоящего уменьшения запаса, который должен начаться после 2015 г. (табл. 3), а также представления о том, что унимодальная кривая пополнения может генерироваться плотностно-зависимой рождаемостью.

Выбор стратегии эксплуатации запаса немислим без знания зависимости численности потомков от численности родителей. Из выявленных закономерностей воспроизводства следует, что в идеальных условиях (стабильность условий воспроизводства, стабильность зависимости численности потомков от численности родителей, возрастного состава потомков) при отсутствии промысла и влияний среды запас осенней кеты способен неограниченно долго варьировать в широких пределах, иногда значительно отдаляясь от линии равновесного воспроизводства (рис. 3).

Рис. 3. Модельная динамика запаса осенней амурской кеты в отсутствии промысла (пунктирная линия — линия равновесного воспроизводства)

Fig. 3. Modeled dynamics of the Amur fall chum stock without harvesting (dotted line is the level of balanced reproduction)



Промысел амурской кеты, до сих пор проводившийся в условиях неопределенности зависимости численности потомков от численности родителей, основывался на стратегии фиксированного коэффициента эксплуатации: обычно к вылову рекомендуется 50 % прогнозного значения запаса. Фактическое изъятие амурских лососей на протяжении длительного периода было близко к данному значению (Смирнов, 1947; Леванидов, 1964, 1969; Рослый, 2002). В идеальных условиях регулярное изъятие 50 % запаса (рис. 4) должно привести к тому, что его значение станет чаще, чем в отсутствие промысла (см. рис. 3), попадать в область расширенного воспроизводства ( $R > P > 8,5$  млн экз.). Однако еще больше продуктивность запаса должна увеличиться при постоянном изъятии 70 % запаса (рис. 5).

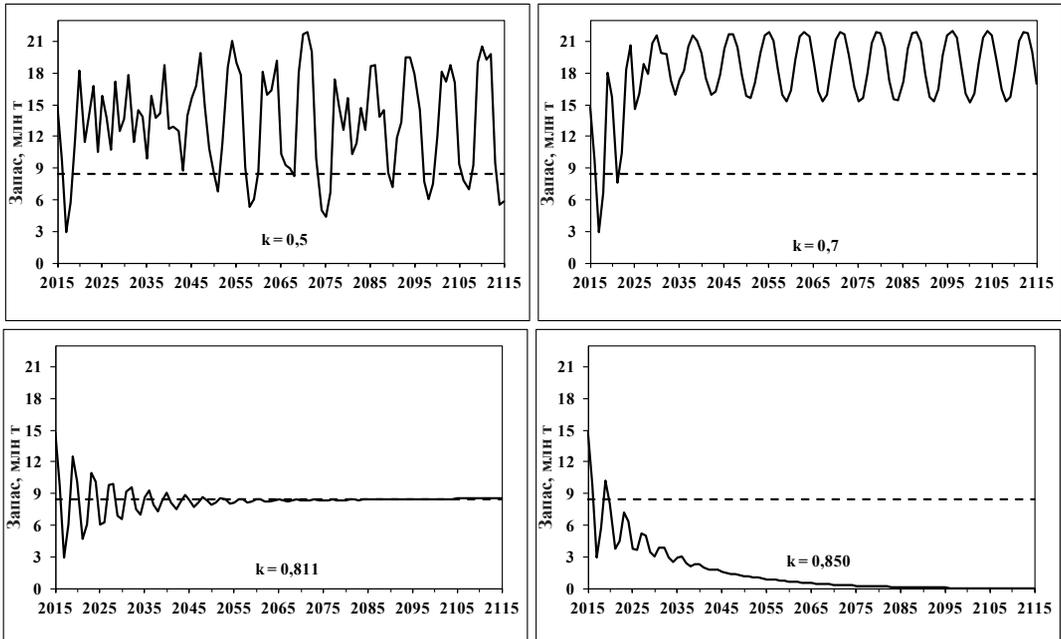


Рис. 4. Модельная динамика запаса осенней кеты Амура при различных значениях коэффициента эксплуатации (k)

Fig. 4. Modeled dynamics of the Amur fall chum stock for certain values of the harvest coefficient (k)



Рис. 5. Модельная зависимость вылова осенней амурской кеты за 15 лет от коэффициента эксплуатации  
 Fig. 5. Modeled dependence of the Amur fall chum catch for 15 years on the harvest coefficient

Для выявления оптимальной нагрузки при использовании стратегии фиксированной доли изъятия сравним теоретически возможный улов за 15 лет лова при различной промысловой нагрузке (рис. 5). Суммарный вылов при изъятии 50,0 % запаса составляет 99,917 млн экз., при изъятии 70,0 % — 164,417 млн экз., но при вылове 81,1 % запас стабилизируется на уровне, соответствующем равновесному состоянию ( $R = P$ ), а вылов за 15 лет уменьшается до 108,590 млн экз. С дальнейшим усилением промысловой нагрузки запас деградирует, улов уменьшается (см. рис. 4, 5).

Если при тех же условиях начиная с 2015 г. на нерест пропускать оптимальное количество рыб (4,5 млн экз.), изымая излишки запаса, численность потомков и запас довольно быстро стабилизируются на уровне 21,952 млн экз., ежегодный вылов — на уровне 17,445 млн экз. (рис. 6). Однако запас в 2017 г. ожидается равным 3,001 млн экз. (табл. 3), т.е. меньше оптимума численности производителей. В случае запрета промысла в данном году суммарный вылов осенней кеты за 15 лет составит 217,729 млн экз. (рис. 6). Если же в 2017 г. разрешить к вылову, например, 1 млн экз., суммарный вылов за эти же 15 лет составит 213,427 млн экз., т.е. вылов 1 млн экз. в 2017 г. уменьшит суммарный вылов за 15 лет на 4,302 млн экз.

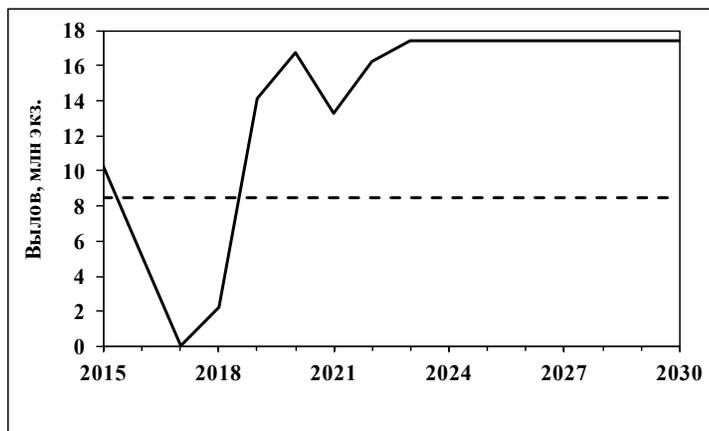


Рис. 6. Модельная динамика вылова осенней амурской кеты при ежегодном пропуске на нерест 4,5 млн экз. и запрете промысла в 2017 г.  
 Fig. 6. Modeled dynamics of the Amur fall chum catch for the case of annual pass of  $4.5 \cdot 10^6$  spawners to spawning grounds and fishing ban in 2017

Нерестовая миграция осенней кеты по срокам практически не перекрывается с миграцией других амурских лососей, поэтому запрет ее промысла технически возможен. Однако данный вид промысла имеет большое социальное значение, поэтому решение вводить или не вводить запрет, по-видимому, выходит за пределы экономической целесообразности.

Таким образом, судя по суммарному вылову за 15 лет, даже наилучший вариант эксплуатации запаса с фиксированной долей изъятия (70 %) заметно уступает эксплуатации на основе стратегии фиксированного остатка, использование которой за 15 лет может увеличить вылов на 25 %.

В 2015 г. на основе количества учтенной молоди при освоении 50 % прогнозного значения запаса к вылову рекомендовано 3,810 млн экз. (13,602 тыс. т) амурской осенней кеты. Полученные нами результаты позволяют предположить, что запас в 2015 г. может составить 14,8 млн экз. (табл. 3), из которых 4,5 млн необходимо зарезервировать для воспроизводства, к вылову можно рекомендовать 10,3 млн экз. Суммарная биомасса объема возможного вылова (при средней массе тела 1 особи 3,586 кг) составит около 37 тыс. т, т.е. почти втрое больше, чем при использовании традиционной методики разработки биологического обоснования объемов возможного вылова осенней амурской кеты.

По многим причинам модельная популяция может отличаться от прототипа, поэтому свойства модели пока можно рассматривать лишь как наиболее вероятные, соответствующие текущему состоянию популяции и степени изученности закономерностей воспроизводства. Полученные результаты будут уточняться в ходе ближайших путей, но для этого необходимо продолжение экспериментальной оценки запаса методом мечения.

### Выводы

Анализ результатов мечения половозрелой амурской осенней кеты дает объективное представление об уровне ее численности.

Сопоставление численности родителей и потомков осенней кеты позволило выявить связь данных переменных и составить предварительный прогноз запаса, согласно которому в 2015 г. его значение, вероятно, вдвое превысит значение, рассчитанное по численности покатной молоди. После 2015 г. запас, вероятно, начнет снижаться.

Ожидаемое после 2015 г. снижение запаса, подтверждаемое наблюдаемым уменьшением численности покатной молоди на фоне растущего в последние годы вылова амурской кеты, связано не с дефицитом, а с избытком производителей.

При эксплуатации запаса тихоокеанских лососей целесообразно руководствоваться стратегией фиксированного остатка (оптимума пропуска), который для осенней амурской кеты составляет около 4,5 млн экз.

### Список литературы

- Бабаян В.К.** Предосторожный подход к оценке общего допустимого улова (ОДУ) : моногр. — М. : ВНИРО, 2000. — 192 с.
- Леванидов В.Я.** Воспроизводство амурских лососей и кормовая база их молоди в притоках Амура : Изв. ТИНРО. — 1969. — Т. 67. — 243 с.
- Леванидов В.Я.** О связи между плотностью заполнения нерестилищ и эффективностью нереста амурских лососей // Изв. ТИНРО. — 1964. — Т. 55. — С. 65–73.
- Никольский Г.В.** Теория динамики стада рыб : моногр. — М. : Пищ. пром-сть, 1974. — 447 с.
- Островский В.И.** Специфика современного прогнозирования запаса амурской горбуши // Бюл. № 9 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2014. — С. 84–90.
- Островский В.И.** Факторы, определяющие численность покатной молоди кеты (*Oncorhynchus keta*) реки Мы // Изв. ТИНРО. — 2013. — Т. 172. — С. 94–105.
- Островский В.И., Семенченко Н.Н.** Зависимость численности потомков нерки *Oncorhynchus nerka* озера Дальнее (Камчатка) от численности родителей // Биол. моря. — 2002. — Т. 28, № 6. — С. 411–417.
- Островский В.И., Семенченко Н.Н.** Роль социального стресса в регуляции численности популяции нерки (*Oncorhynchus nerka* Walbaum) // Исследование и рациональное использование биоресурсов дальневосточных и северных морей СССР и перспективы создания технических средств для освоения неиспользуемых биоресурсов открытого океана : тез. докл. Всесоюз. совещ. — Владивосток : ТИНРО, 1985. — С. 48–49.
- Паренский В.А.** Этология нереста нерки *Oncorhynchus nerka* (Walbaum) : моногр. — Владивосток : Дальнаука, 1992. — 113 с.
- Пасечник О.И., Шмигирилов А.П.** Оценка численности амурской кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum, 1792) по результатам мечения // Пресноводные экосистемы бассейна реки Амур. — Владивосток : Дальнаука, 2008. — С. 294–302.

**Рикер У.Е.** Методы оценки и интерпретация биологических популяций рыб : моногр. — М. : Пищ. пром-сть, 1979. — 408 с.

**Рослый Ю.С.** Динамика популяций и воспроизводство тихоокеанских лососей в бассейне Амура : моногр. — Хабаровск, 2002. — 210 с.

**Семенченко Н.Н.** Механизмы саморегуляции численности популяции нерки *Oncorhynchus nerka* // Вопр. ихтиол. — 1988. — Т. 28, вып. 1. — С. 44–52.

**Смирнов А.Г.** Состояние запасов амурских лососей и причины их численных колебаний // Изв. ТИНРО. — 1947. — Т. 25. — С. 33–51.

**Шунтов В.П., Радченко В.И., Лапко В.В., Полтев Ю.Н.** Распределение лососей в западной части Берингова моря и сопредельных водах Тихого океана в период анадромных миграций // Вопр. ихтиол. — 1993. — Т. 33, № 3. — С. 337–347.

**Шунтов В.П., Темных О.С.** Тихоокеанские лососи в морских и океанических экосистемах : моногр. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2011. — Т. 2. — 473 с.

**Ostrovsky V.I.** Relationship of the chum salmon progeny (*Oncorhynchus keta*) from the Amur River on the parents abundance // First International Symposium on Fish Biodiversity of the Amur River and adjacent rivers fresh waters. — Khabarovsk, Russia, 2002. — P. 32–34.

**Podorozhnyuk E.V.** Prespawning mortality of fall chum salmon // Bringing the Future into Focus. — Vancouver : The wild salmon center, 2009. — P. 50.

*Поступила в редакцию 1.06.15 г.*