

УДК 597.553.2

## ПРОГНОЗ ЧИСЛЕННОСТИ ПОДХОДОВ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ КЕТЫ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ КАМЧАТКИ В 2012–2014 ГГ. НА ОСНОВЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ТРАЛОВЫХ УЧЕТОВ ЕЕ МОЛОДИ В ПЕРИОД ОТКОЧЕВКИ В ОКЕАН

В.Г. Ерохин, Е.С. Воронова



Зав. лаб., м. н. с., Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии  
683000 Петропавловск-Камчатский, Набережная, 18  
Тел., факс: (4152) 41-27-01; 22-64-20; 42-07-74  
E-mail: erokhin.v.g@kamniro.ru

СЕГОЛЕТОК, КЕТА, РАСПРЕДЕЛЕНИЕ В МОРЕ, ТРАЛОВЫЙ КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ УЧЕТ, НЕРЕСТОВЫЙ ВОЗВРАТ, ВОЗРАСТНОЙ СОСТАВ

На основе траловых учетов молоди кеты (*Oncorhynchus keta*) в Беринговом море в течение 12 сезонов проведены оценки численности сеголеток, проанализирована связь численности молоди с возвратами производителей. По результатам учетных съемок в 2008 и 2010 гг. сформирован прогноз численности возвратов учтенных поколений в 2010–2016 гг., а также прогноз численности возвратов в отдельно взятые годы: 2012 (4,1 млн рыб), 2013 (6,0–6,2 млн рыб) и 2014 (5,3–5,4 млн рыб).

## FORECASTING RUN SIZE OF CHUM SALMON SPAWNERS OF THE NORTH-EASTERN KAMCHATKA IN 2012–2014 BASING ON TRAWL COUNTING OF ITS JUVENILES DURING THE INITIAL YEAR OF THEIR OCEAN RESIDENCE

V.G. Erokhin, E.S. Voronova

Head of department, researcher, Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography  
683000 Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberedzhnaya, 18  
Tel., fax: (4152) 41-27-01; 22-64-20; 42-07-74  
E-mail: erokhin.v.g@kamniro.ru

FINGERLING, CHUM SALMON, DISTRIBUTION WITHIN THE SEA, TRAWL ACCOUNTING, SPAWNER'S RETURN, AGE COMPOSITION

On the base of 12 seasonal trawl accountings of juvenile chum salmon (*Oncorhynchus keta*) abundance in the Bering Sea estimation of fingerling abundance has been performed, the relationship between the smolt abundance and spawner's returns has been analyzed. According to the results of trawl surveys carried out in 2008 and 2010 the number of returns of accounted generations has been forecasted for the period 2010–2016 and for the following years: 2012 (4.1 mln inds.), 2013 (6.0–6.2 mln inds.), 2014 (5.3–5.4 mln inds.).

Эффективность прогнозирования нерестовых возвратов горбуши по результатам траловых учетных съемок доказана длительной практикой: с начала 1980-х годов — среднесрочного, с годовой заблаговременностью, по материалам учета молоди в первый морской год жизни; с середины первой декады 20-го столетия — оперативного, на основе мониторинга анадромных потоков в год промысла. Первый из названных методов с середины 1980-х годов выступает одним из базовых элементов прогноза по горбуше обоих побережий п-ова Камчатка в КамчатНИРО, второй — широко применим в оценках мощности подходов камчатских и сахалино-курильского стад ихтиологами ТИНРО-Центра и КамчатНИРО (Ерохин, 1992, 2002, 2006а, 2006б, 2007; Ерохин и др., 1990, 2004, 2011; Куренкова, Темных, 2006; Старовойтов и др., 2010; Темных, 2001; Темных и др., 1997; Шунтов, Темных, 2006, 2009, 2010, 2011; Шунтов и др., 1993а, 1993б, 2000; Karpenko et al., 1998).

Среди остальных видов тихоокеанских лососей можно выделить ограниченное число стад, перспективных в аспекте количественного тралового учета на стадии осеннего нагула, которые могут быть однозначно идентифицированы по месту воспроизводства, и в отношении которых возможны адекватные оценки мощности нерестовых подходов на основе сопоставления численностей при учете и возврате. Фактически, таких стад два: нерка Западной Камчатки и кета северо-востока Камчатки. Данные траловых съемок были привлечены для прогнозирования нерестовых подходов первого из названных объектов в 2000-х годах и показали высокую сходимость расчетных и фактических величин возвратов (Ерохин, 2006а, 2006б). Успех в прогнозировании вида с наиболее «простым» по организации жизненным циклом — горбуши, и наиболее сложным — нерки, оправдывает ожидание эффективности в применении метода и для прогнозирования нерестовых подходов

кеты, сходной по биологии с горбушей на пресноводном этапе жизни и неркой — на морском.

Целью настоящей работы является оценка возможности использования материалов траловых учетов сеголетков для прогноза возвратов производителей кеты северо-восточного побережья Камчатки.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Обилие молоди кеты в период 1981–2010 гг. в Беринговом море оценивали по результатам траловых учетов КамчатНИРО и ТИНРО-Центра. В работе были использованы не все материалы, содержащиеся в обеих базах, поскольку не все съемки и траления соответствовали методическим требованиям, предъявляемым нами к материалам такого рода. Их отбор осуществляли по следующим критериям: траления, проведенные в интервале с первой декады сентября по конец октября; скорость траления не менее 3,5 узлов; горизонт хода верхней подборы 0 м; длина ваеров не менее 150 м; количество тралений в съемке не менее 30; съемки, по которым оказалось удовлетворительным соотношение учтенной молоди и вернувшихся производителей горбуши. Последнее условие несет двойной смысл: помимо исключения из рассмотрения заведомо неудачных съемок, это позволяет проверить правильность подсчета учтенной численности молоди кеты и своевременно ее скорректировать — по возврату горбуши на следующий год. Это возможно потому, что при одновременном скате поколений обоих видов промысловый возврат кеты, с учетом ее возрастной структуры, происходит через год после горбуши и позднее.

Траловые съемки ТИНРО-Центра 1988–1999 гг. в Беринговом море были посвящены оценкам обилия множества нектонных видов, населяющих горизонты, диапазон которых в разы превышает таковой для лососей. Указанные съемки не были специализированы для учета молоди лососей с необходимым условием — ходом верхней подборы трала по нулевому горизонту, а результаты, касающиеся оценок численности молоди, не отражали реальных. Мы отобрали шесть съемок, выполненных в 2002–2010 гг. Подвергли также фильтрации и материалы КамчатНИРО периода 1981–2002 гг. (в последующие годы камчатскую беринговоморскую программу траловых съемок продолжить не удавалось по финансовым и организационным причинам), в результате чего было отобрано также шесть съемок.

Численность молоди ( $N$ ) рассчитывали по выражению:

$$N = nS/vdtk, \quad (1)$$

где  $n$  — средний улов за одно траление, экз.;  $S$  — площадь обследованной акватории, кв. км;  $v$  — скорость траления, км/час;  $d$  — величина горизонтального раскрытия устья трала, км;  $t$  — время траления, час.;  $k$  — коэффициент уловистости трала (в данном исследовании принят за 1), или

$$N = nS/sk, \quad (2)$$

где  $s$  — площадь над протраленным объемом, кв. км (Ерохин, 1992, 2007).

Данные по возвратам производителей взяты из прогнозов и архивных материалов лаборатории динамики численности и совершенствования прогнозов лососевых рыб КамчатНИРО.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

*Нагул сеголеток в пределах юго-западной части Берингова моря.* Основная масса кеты скатывается из рек Северо-Восточной Камчатки в июле и мигрирует в открытые воды позже горбуши (Карпенко, 1998). В сентябре скопления кеты обычно располагаются по ближней к побережью периферии наиболее плотных скоплений горбуши, растянувшись вдоль шельфа: в большей мере — карагинского, в меньшей — олюторского (рис. 1). На этих акваториях сеголетки кеты нагуливаются совместно с молодью нерки, обнаруживая с нею сходство и в миграционных траекториях при осенней откочевке, имеющих преимущественную направленность вдоль карагинского шельфа к Камчатскому проливу и Командорским о-вам. Другое, менее выраженное, чем у молоди горбуши и нерки, направление откочевки восточной части приолюторского скопления кеты — вдоль подводного хребта Ширшова на юг, с огибанием по восточной периферии Командорской котловины. По размерам молодь кеты, горбуши и нерки сопоставимы, особенно два первых вида: диапазон колебаний их средних величин составляет 16,5–21,5 см и 51,6–120,2 г. У нерки размерный диапазон чуть шире — на 3,5 см и 33 г (табл. 1).

*Корректировка оцененной численности молоди кеты по возвратам горбуши, учтенной одновременно с кетой на стадии сеголетка.* Как было отмечено выше, одним из критериев отбора результатов съемок явился отсев тех, которые оказались неудачными по горбуше. Оставшиеся позволяют проанализировать отклонения в оценке численности вернувшейся на нерест горбуши и внести соответствующие поправки в оценки обилия всех других видов, учтенных на съемке одновременно с ней, но возвращающихся в реки позд-

нее на год–два и более. В отношении кеты эта операция наиболее приемлема ввиду практической идентичности экстерьерных характеристик молоди горбуши и кеты, соответственно, их поведения в зоне облова тралом. Корректировку учетной численности молоди кеты проводили перемноже-

нием значений фактически полученной численности на съемке и поправочного коэффициента. Поправочные коэффициенты выражены отношением значений численности сеголетков горбуши, снятых с полиномиальных кривых зависимости «учет–возврат», к соответствующим фактическим

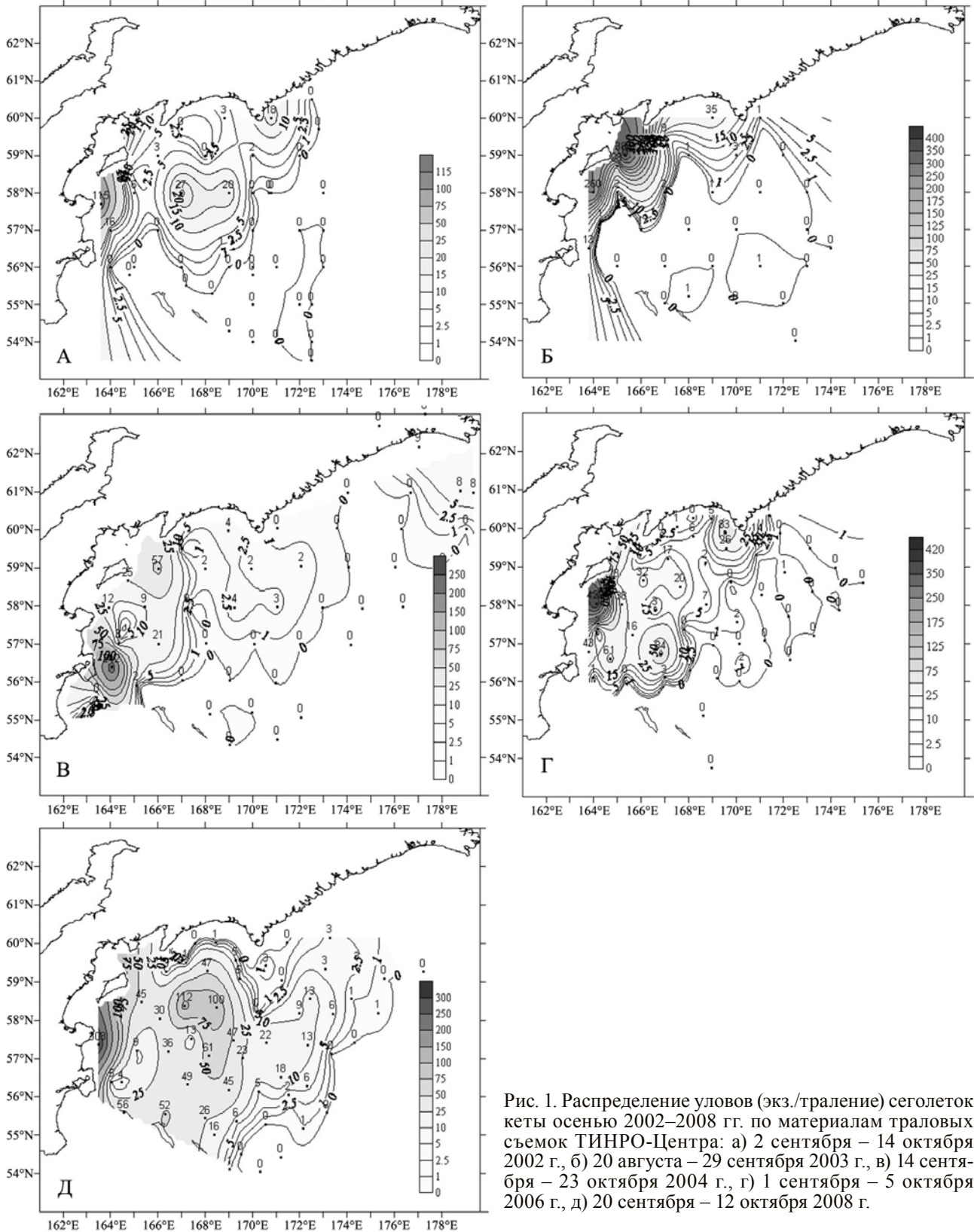


Рис. 1. Распределение уловов (экз./траление) сеголетков кеты осенью 2002–2008 гг. по материалам траловых съемок ТИНРО-Центра: а) 2 сентября – 14 октября 2002 г., б) 20 августа – 29 сентября 2003 г., в) 14 сентября – 23 октября 2004 г., г) 1 сентября – 5 октября 2006 г., д) 20 сентября – 12 октября 2008 г.

величинам ее учтенной численности (рис. 2, табл. 2). Численность молоди и нерестовых возвратов главных возрастных групп кеты представлены в табл. 2.

*Связь между численностью молоди и возвратами производителей: анализ объединенных данных.* В качестве независимой и зависимой переменных математической связи «учет–возврат» для кеты выступает численность поколения на стадиях, соответственно, сеголетка и репродуктивной (как суммы численностей рыб всех возрастов поколения, прошедших на нерестилища и изъятых промыслом).

Из имеющегося набора учтенных поколений два последних (съемки 2008 и

2010 гг.) не возвратились на нерест в полном объеме<sup>1</sup> (табл. 2–3).

Таким образом, количество точек на графике «учет–возврат», имеющих по поколениям,

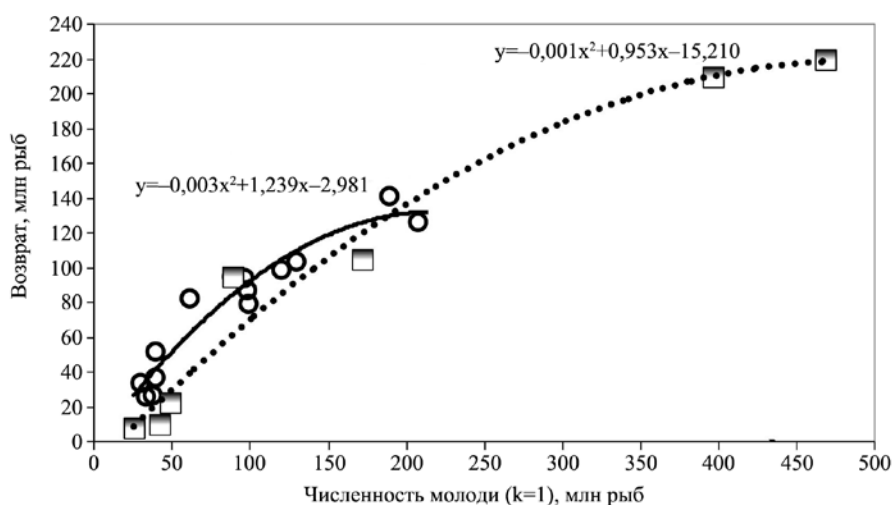


Рис. 2. Зависимость «учет–возврат» горбуши по данным: съёмки КамчатНИРО в водах Западной и Восточной Камчатки (круглые маркеры); съёмки ТИНРО-Центра в водах Восточной Камчатки (квадратные маркеры). Оценки численности проведены специалистами КамчатНИРО

Таблица 1. Размеры молоди кеты, горбуши (числитель) и нерки (знаменатель) в Беринговом море в сентябре

Год учета	1981	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1994	1998	2000	2002
Кета												
Средняя длина, см	21,5	18,1	18,6	19,5	18,5	18,7	20,0	17,4	21,4	19,2	16,6	16,5
Средняя масса, г	73,3	65,6	74,0	83,3	69,4	73,6	91,4	51,6	120,2	79,0	55,9	52,9
Горбуша/нерка												
Средняя длина, см	$\frac{18,0}{20,9}$	$\frac{18,9}{21,5}$	$\frac{21,4}{22,2}$	$\frac{17,8}{24,0}$	$\frac{19,9}{23,6}$	$\frac{17,5}{22,7}$	$\frac{20,3}{18,5}$	$\frac{18,5}{20,8}$	$\frac{18,1}{-}$	$\frac{18,2}{20,2}$	$\frac{19,7}{15,2}$	$\frac{18,4}{19,1}$
Средняя масса, г	$\frac{58,3}{109,3}$	$\frac{71,7}{122,6}$	$\frac{105,9}{125,3}$	$\frac{52,1}{153,0}$	$\frac{91,2}{149,9}$	$\frac{53,4}{144,0}$	$\frac{82,5}{73,1}$	$\frac{56,3}{113,6}$	$\frac{56,4}{-}$	$\frac{58,2}{92,1}$	$\frac{72,4}{50,0}$	$\frac{62,7}{94,3}$

Таблица 2. Учетная численность сеголеток (при коэффициенте уловистости трала 1) и возврат производителей кеты

Годы съёмки	Учетная численность молоди, млн рыб	Поправочный коэффициент	Скорректированная численность сеголеток, млн рыб	Возврат поколения, млн рыб
Съёмки КамчатНИРО				
1986	6,590	1,28*	8,435	4,599
1988	3,022	нет	3,022	1,441
1990	5,447	0,92*	5,011	2,787
1991	3,050	0,97*	2,959	0,563
2000	16,800	0,82*	13,776	6,856
2002	9,852	1,48*	14,581	5,732
Съёмки ТИНРО-Центра				
2002	2,433	5,13**	12,487	5,732
2003	7,900	0,91**	7,169	2,961
2004	5,974	1,34**	8,032	2,626
2006	7,736	0,88**	6,784	3,637
2008	17,386	1,04**	18,018	—***
2010	12,432	0,99**	12,321	—***

Примечание: \*— коэффициент рассчитан по кривым (рис. 2) КамчатНИРО и ТИНРО-Центра соответственно; \*\* — возврат поколения не завершен

учтенным на стадии сеголетка съемками ТИНРО-Центра, и их нерестовым возвратам, ограничено четырьмя. Область их расположения на графике совместима с областью значений, полученных по съемкам КамчатНИРО (рис. 3). Мы сочли возможным объединение данных двух институтов в единый массив с целью их совместного анализа. Наиболее применимыми для описания объединенных данных по съемкам двух институтов являются полиномиальная и логарифмическая функции (рис. 3, табл. 3). Расчисленные значения возврата включают в себя рыб одного года выклева, но различающихся по годам подходов на нерест. Нам важно, оттолкнувшись от прогноза подхода поколения, прийти к прогнозу подходов производителей в конкретный год. Для решения этой задачи необходимы: оценка возрастного спектра поколения; оценка возрастного состава

производителей прогнозируемого подхода в конкретный год.

*Возрастной состав производителей внутри поколений.* Камчатская кета созревает и возвращается на нерест в реки в возрасте от 2+ до 6+ лет. Трех- (2+), шести- (5+) и особенно семилетних рыб в возврате бывает мало, 90% зрелых особей в поколении представлены двумя возрастными классами 3+ и 4+. Фиксируемые наблюдениями доли главных возрастных групп в поколениях кеты на протяжении последней четверти прошлого и первой декады нынешнего века варьируют, порой существенно. Однако в контексте поставленных перед данным исследованием задач нас интересует современный период с сохраняющейся определенной стабильностью возрастного состава (рис. 4).

Мы применили полученные средневзвешенные значения возрастного состава производителей

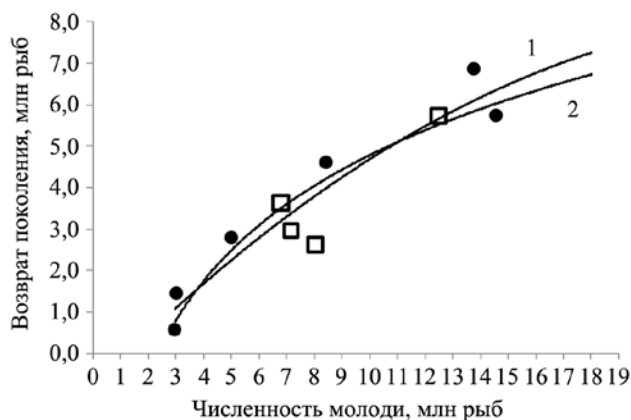
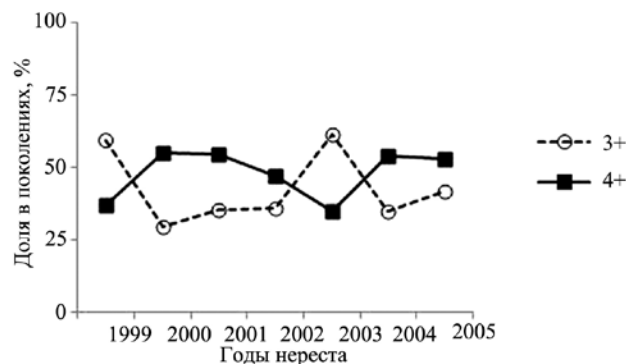


Рис. 3. Зависимость «учет–возврат» для кеты северо-восточного побережья Камчатки по объединенным данным съемок КамчатНИРО (круглые маркеры) и ТИНРО-Центра (квадратные маркеры) в 1986–2006 гг.: 1 — полиномиальная, 2 — логарифмическая



Возраст	2+	3+	4+	5+	6+
Средневзвешенная доля в поколениях, %	1,9	42,5	47,8	7,8	0,03

Рис. 4. Средневзвешенное соотношение (%) возрастных групп внутри поколений производителей кеты северо-востока Камчатки в современный период: годы нереста 1999–2005

Таблица 3. Статистические характеристики расчетных величин возвратов кеты

Год учета молоди	Фактическая численность возвратов поколений, млн рыб (годы возврата)	Расчетная численность возвратов поколений, млн рыб (в скобках — отклонения от факта, %)		
		Полином $y = -0,0127x^2 + 0,6778x - 0,8188$ $R^2 = 0,8974$	Логарифмическая $y = 3,3058 \ln(x) - 2,8289$ $R^2 = 0,8796$	
КамчатНИРО	1986	4,599 (1988–1992)	3,995±0,221 (–13,1)	4,220±0,252 (–8,2)
	1988	1,441 (1990–1994)	1,114±0,061 (–22,7)	0,827±0,050 (–42,6)
	1990	2,787 (1992–1996)	2,259±0,125 (–18,9)	2,499±0,149 (–10,3)
	1991	0,562 (1993–1997)	1,076±0,059 (91,4)	0,757±0,045 (34,8)
	2000	6,856 (2002–2006)	6,108±0,337 (–10,9)	5,842±0,349 (–14,8)
	2002	5,732 (2004–2008)	6,364±0,351 (11,0)	6,030±0,361 (5,2)
ТИНРО-Центр	2002	5,732 (2004–2008)	5,665±0,313 (–1,2)	5,517±0,330 (–3,8)
	2003	2,961 (2005–2009)	3,388±0,187 (14,4)	3,683±0,220 (24,4)
	2004	2,626 (2006–2010)	3,806±0,210 (44,9)	4,059±0,243 (54,6)
	2006	3,637 (2008–2012)	3,195±0,176 (–12,2)	3,500±0,209 (–3,8)
	2008	– (2010–2014)	7,271±0,401 –	6,729±0,402 –
	2010	– (2012–2016)	5,604±0,309 –	5,473±0,327 –
Статистическая ошибка, %:		±5,52	±5,98	

(рис. 4) к оценкам величин возврата поколений 2007 и 2009 гг., учтенных при траловых съемках в 2008 и 2010 гг., полученных: а) по полиномиальной зависимости — 7,271 и 5,604 млн рыб соответственно; б) по логарифмической зависимости — 6,729 и 5,473 млн рыб соответственно (табл. 3). Рассчитали подход отдельных возрастных групп, исходя из пропорции:

$$B = \sum v_i D_i, \quad (3)$$

где  $B$  — суммарный возврат производителей в конкретный год,  $v_i$  — численность возврата производителей в возрасте  $i$  ( $2+ \leq i \leq 6+$ );  $D_i$  — доля в анадромном потоке кеты в возрасте  $i$  (%). Результаты расчетов сведены в таблицах 4, 5.

Для подсчета общей численности возврата в отдельный год необходимы сведения по возрастному спектру в возврате этого конкретного года (сезонному возрастному составу).

*Сезонный возрастной состав производителей.* Сезонный подход производителей складывается из представителей разных поколений, идущих на нерест в данном году. В возрастной динамике годовых возвратов можно заметить до трех чередующихся

типов соотношения главных возрастных классов (рис. 5, А). Первый тип — с соотношением возрастов 3+ и 4+ близким к среднему в поколениях, наблюдается в периоды относительной стабилизации запасов на разных (от низкого до высокого) уровнях (рис. 5, табл. 6). Второй тип — с равным

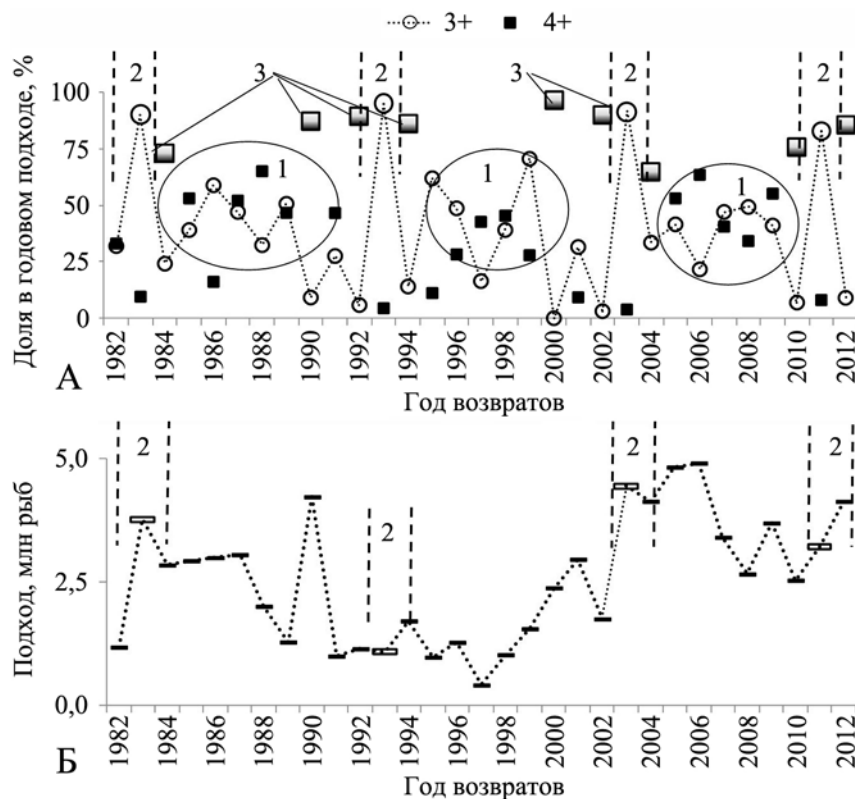


Рис. 5. Вариабельность главных возрастных групп кеты в годовых возвратах (А) и величин возвратов (Б). 1–3 — типы соотношений главных возрастных классов (пояснения в тексте)

Таблица 4. Расчетные значения численностей возрастных групп в поколениях 2007 и 2009 гг., оцененных по полиномиальной зависимости

Доля в поколении, %	Поколение 2007 г. (учет в 2008 г.)		Поколение 2009 г. (учет в 2010 г.)	
	Возрастная группа и год ее возврата	Расчетная численность возврата, млн рыб	Возрастная группа и год ее возврата	Расчетная численность возврата, млн рыб
1,9	2+ (2010)	0,138	2+ (2012)	0,106
42,5	3+ (2011)	3,090	3+ (2013)	2,382
47,8	4+ (2012)	3,475	4+ (2014)	2,679
7,8	5+ (2013)	0,567	5+ (2015)	0,437
Всего: 100,0		7,270		5,604

Таблица 5. Расчетные значения численностей возрастных групп в поколениях 2007 и 2009 гг., оцененных по логарифмической зависимости

Доля в поколении, %	Поколение 2007 г. (учет в 2008 г.)		Поколение 2009 г. (учет в 2010 г.)	
	Возрастная группа и год ее возврата	Расчетная численность возврата, млн рыб	Возрастная группа и год ее возврата	Расчетная численность возврата, млн рыб
1,9	2+ (2010)	0,128	2+ (2012)	0,104
42,5	3+ (2011)	2,860	3+ (2013)	2,326
47,8	4+ (2012)	3,217	4+ (2014)	2,616
7,8	5+ (2013)	0,525	5+ (2015)	0,427
Всего: 100,0		6,730		5,473

всплеском доли 3+ до 70–90%, приходится на окончание восходящей к локальному пику кривой численности или на пик численности. Из последних лет к этому типу однозначно отнесен 2011 год с фактическим соотношением возрастных групп в подходе: 3,2% (2+), 82,8% (3+), 8% (4+), 6% (5+). Третий тип — реверсивный второму, с взрывным повышением доли возраста 4+ до 75–95% на локальных пиках численностей подходов.

Сходство в соотношении основных возрастных групп в поколениях и сезонных подходах (первый тип) возможно тогда, когда численности и сезонного подхода и поколений, его формирующих, сопоставимы (равновелики). Второй и третий тип динамики приурочены к смежным годам, отражают появление высокоурожайного поколения, которое своей повышенной численностью вносит последовательный дисбаланс в годовые возрастные спектры производителей: при возврате части поколения в возрасте 3+, на следующий год — 4+, и спустя год — 5+. Так, от поколения 1995 г. доля кеты в возрасте 3+ в анадромном потоке в 1999 г. составила 71%, 4+ в 2000 г. — 96%, 5+ в 2001 г. — 59,3%. Данное поколение (5,3 млн рыб) превосходило по численности три предыдущие 6–8-кратно, три последующие — в 2–20 раз.

Анализ причин заметной 8–10-летней повторяемости второго (в особенности) и третьего типа соотношения главных возрастных групп в подходе (рис. 5, А) в качестве задачи в данной работе не ставился. Здесь мы акцентируем внимание на механизме формирования данных типов соотношения основных возрастных групп в отдельно

Таблица 6. Возрастной состав производителей кеты северо-востока Камчатки, сгруппированный по типам возрастных соотношений в сезонных подходах, %

Тип соотношений главных возрастных классов	Возраст				
	2+	3+	4+	5+	6+
1	2,8	39,8	49,5	7,7	0,2
2	1,0	85,9	10,7	2,4	—
3	2,0	9,0	85,3	3,5	0,2
Весь массив данных (подходы 1982–2011 гг.)	3,1	40,4	46,9	9,5	0,2

Таблица 7. Фактические и оценочные данные по подходу кеты в 2011 г.

Фактические данные		Оценка (от полинома)		Отклонение оценки от факта, %	Оценка (от логарифма)		Отклонение оценки от факта, %
		Доля, %	Численность, млн рыб		Доля, %	Численность, млн рыб	
Возраст, %	Численность, млн рыб						
2+	3,2	0,103	1,0	0,115	1,0	0,033	9,83
3+	82,8	2,670	85,9	<b>3,090</b>	85,9	<b>2,860</b>	(суммарно 3+ и 4+)
4+	8,0	0,258	10,7	0,385	10,7	0,356	
5+	6,0	0,194	2,4	0,006	2,4	0,080	
Все возрасты:	3,225			3,596	11,52	3,329	3,24

взятом сезонном подходе производителей, причем — даже с относительно равновесным соотношением возрастов 3+ и 4+ в поколениях, которые формируют рассматриваемый сезонный подход. Например, кета в возрасте 3+ представлена в поколении 1989 г. нереста долей в 37,1%, а в годовом возврате 1993 г. — 94,5%. Кета в возрасте 4+ представлена в поколении 1988 г. нереста 42%-й долей, а в возврате 1993 г. составила всего лишь 4,4% (рис. 5, А). Из этих двух поколений кета 1989 г. нереста в 23 раза многочисленнее.

*Ретроспективная оценка мощности и состава подходов кеты в 2011 г.* В качестве опорных данных возьмем рассчитанные нами численности отдельных возрастных групп в подходе оцениваемых лет из таблиц 4 и 5. Анадромный поток 2011 г. в данных таблицах представлен одной величиной — численностью возраста 3+ (3,090 млн рыб — от полинома, и 2,860 — от логарифма). Численность остальных возрастных групп  $v_i$  (3) рассчитаем через пропорцию, где известна численность возрастной группы 3+, а искомые — численности возрастных когорт 2+, 4+ и 5+:

$$v_i = D_i (3,090 / D_{3+}), \quad (4)$$

$$v_i = D_i (2,860 / D_{3+}), \quad (5)$$

где  $D_{3+}$  — доля четырехлеток в анадромном потоке.

Теоретическое соотношение возрастов в анадромном потоке возьмем из таблицы 6, а именно: соотношение второго типа — для случаев разового всплеска доли 3+, о чем свидетельствует фактическое процентное соотношение в 2011 г. Результаты оценок представлены в таблице 7 (здесь выделены значения, подставленные из табл. 4 и 5). Как видим, в приложении к анадромному потоку 2011 г. более достоверным оказался результат расчетов по линии от логарифмической оценки величин поколений — с отклонением теоретической численности подхода от фактической в 3,24% (табл. 7).

*Оценка возможного пропуска на нерест производителей кеты в 2012 г. Оценка мощности и состава подходов кеты в 2013–2014 гг.* Рис. 5 (А)

демонстрирует, что год, непосредственно следующий за годом максимального преобладания 3-годовиков в возврате, характеризуется резким падением их доли с одновременным всплеском доли 4-годовиков (возрастное соотношение ТРЕТЬЕГО типа); а второй год и несколько последующих — тенденцией к стабилизации на среднемноголетних уровнях соотношений основных возрастов (первый тип) (табл. 6). Таким образом:

– анадромный поток 2012 г. характеризуем по третьему типу возрастного соотношения с теоретическим ожиданием 9-процентной доли возраста 3+ и 85,3-процентной доли возраста 4+;

– анадромные потоки 2013–2014 гг. характеризуем по первому (равновесному) типу с теоретически ожидаемыми долями: 3+ — 39,8%, 4+ — 49,5% (табл. 6).

В качестве опорных для расчета общего ожидаемого подхода в 2012–2013 гг. применим по две оценочные величины из таблиц 4 и 5, в 2014 г. — одной: для 2012 г. — численности возрастов 2+ и 4+, 2013 г. — 3+ и 5+, 2014 г. — 4+. Результаты оценок ожидаемого общего подхода представлены в таблицах 8, 9 и 10 (здесь выделены значения, взятые из табл. 4 и 5).

Таблица 8. Оценка подхода кеты в 2012 г.

Возраст, доля, %	Численность, млн рыб		
	От полинома	От логарифма	
2+	2,0	<b>0,106</b>	<b>0,104</b>
3+	9,0	0,367	0,339
4+	85,3	<b>3,475</b>	<b>3,217</b>
5+	3,5	0,143	0,132
6+	0,2	0,012	0,012
Все возрасты:	4,103±0,226	3,804±0,227	

Таблица 9. Оценка подхода кеты в 2013 г.

Возраст, доля, %	Численность, млн рыб		
	От полинома	От логарифма	
2+	2,8	0,285	0,246
3+	39,8	<b>2,382</b>	<b>2,326</b>
4+	49,5	2,962	2,893
5+	7,7	<b>0,567</b>	<b>0,525</b>
6+	0,2	0,012	0,012
Все возрасты:	6,208±0,343	6,002±0,359	

Таблица 10. Оценка подхода кеты в 2014 г.

Возраст, доля, %	Численность, млн рыб		
	От полинома	От логарифма	
2+	2,8	0,151	0,148
3+	39,8	2,154	2,103
4+	49,5	<b>2,679</b>	<b>2,616</b>
5+	7,7	0,417	0,407
6+	0,2	0,011	0,011
Все возрасты:	5,412±0,299	5,285±0,316	

По данным официальной статистики, на северо-востоке Камчатки выловлено 11,657 тыс. т, неизвестными пока остаются: фактическое возрастное соотношение, пропуск на нерестилища. По данным биологических анализов, средняя навеска кеты из неводных уловов 2012 г. — 3,2 кг, вылов, соответственно, равен 3,643 млн рыб.

Прогнозируемый пропуск на нерестилища, как разница между общим подходом и выловом, составит:

$4,103 - 3,643 = 0,460$  млн рыб, а с учетом ошибки для полиномиальной функции  $\pm 5,52\%$  (см. табл. 3) или  $\pm 0,025$  млн рыб, войдет в диапазон 0,435–0,485 млн особей;

$3,804 - 3,643 = 0,161$  млн рыб, а с учетом ошибки для логарифмической функции  $\pm 5,98\%$  (см. табл. 3) или  $\pm 0,010$  млн рыб, пропуск в данном случае прогнозируется в пределах 0,151–0,171 млн особей.

В 2003–2011 гг. пропуски колебались от 0,234 до 0,812 млн рыб. Относительно объемов вылова величины пропуска были максимальными в 2005–2007 гг. — порядка 30–40%, снижаясь в дальнейшем до 20% в 2008–2009 гг., 11–12% — в 2010–2011 гг. Исходя из соотношения «пропуск/вылов» последних лет, более приемлемой выглядит первая из приведенных оценок с общим подходом кеты в 2012 г. в объеме 4,103 млн рыб, диапазоном пропуска 0,435–0,485 млн рыб или 12–13% от вылова.

Прогноз на 2013 г. ориентирует на весьма масштабный подход кеты с возможным выловом порядка 15–16 тыс. т даже на фоне вдвое более высокого пропуска (табл. 9). Если эти ожидания окажутся близкими к действительности<sup>2</sup>, подтвердится адекватность оценок поколения, учтенного при траловой съемке в 2009 г., и возможность довольно значительного подхода — на уровне 5,3–5,4 млн рыб с выловом до 14 тыс. т., в 2014 г.<sup>3</sup> (табл. 10).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Особенности пространственного распределения сеголеток кеты, заключающиеся в отставании ее откочевки от берегов в открытые воды юго-западной части Берингова моря, в сравнении с горбушей, поднимают нижний временной порог мероприятий по ее учету: их начало не должно быть ориентировано на август или самое начало сентября. Молодь кеты, нагуливающаяся в прикамчатских морях в первый год после ската, близка по размерам и экстерьерным признакам к молодежи горбуши. Это дает возможность использовать единые методические принципы при траловых учетах, а также оценках численности этих видов.



Немаловажным следствием, вытекающим из данного обстоятельства, при существенной разнице в длительности жизненных циклов, является возможность оценки качества съемки и коррекции оцененной численности кеты по возвращении на нерест горбуши, учтенной одновременно с кетой на этапе сеголетка.

Прогноз мощности возврата кеты по материалам траловых учетов ее молоди включает этапы: оценка численности сеголеток в период осеннего морского нагула; прогноз численности возврата поколения, учтенного на стадии сеголетка; прогноз возрастного спектра производителей в конкретный год; прогноз общей численности возврата в конкретный год. Непосредственно на данных тралового учета молоди базируется прогноз численности возврата поколения. Связь между имеющимся массивом данных по обилию поколений на начальном и конечном морских этапах жизненного цикла удовлетворительно выражается полиномиальной и логарифмической функциями. Последующие этапы прогноза формируются на основе анализа возможных комбинаций физиологически готовых к нересту в конкретный год когорты из разных, совместно нагуливающих в океане поколений. Выделены: годы со сбалансированным возрастным составом в периоды стабильного состояния запасов; периоды с переходящим через смежные годы дисбалансом возрастного состава, вызванного появлением высокоурожайных поколений (достигшие репродукционного возраста когорты такого поколения количественно преобладают над нерестящимися в один год с ними когортами малоурожайных поколений в последовательных сезонных анадромных потоках).

Симуляционная демонстрация на свершившемся возврате кеты в 2011 г. показала удовлетворительное отклонение прогноза от фактических величин — 3,24% (логарифмическая функция) и 11,52% (полиномиальная).

В отношении 2012 года с уже известным масштабом вылова, но не вполне определенными пока общим, нерестовым возвратом и данными по возрастному составу, оценены эти недостающие показатели<sup>4</sup>: 4,1 млн рыб — общий подход с возможной величиной пропуска порядка 0,44–0,49 млн рыб; предполагается, что от 8/10 до 9/10 численности кеты в подходе имели возраст 4+, и порядка 1/10 — 3+.

Прогноз на 2013 г. ориентирует на весьма масштабный — 6,0–6,2 млн рыб — подход кеты с возможным выловом порядка 15–16 тыс. т при высоком пропуске производителей на нерест. Если

эти ожидания окажутся близкими к действительности, подтвердится адекватность оценок поколения, учтенного при траловой съемке в 2009 г., и возможность значительного подхода в 2014 г. — на уровне 5,3–5,4 млн рыб с выловом до 14 тыс. т.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность д.б.н., академику РАЕН В.П. Шунтову, д.б.н. А.С. Темных, коллегам лаборатории биоценологии ТИНРО-Центра, любезно предоставившим свою базу данных по траловым съемкам молоди лососей.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Ерохин В.Г.* 1992. Площадные траловые съемки молоди лососей в прикамчатских водах // Тез. докл. отчетн. сессии ТИНРО и его отд. по результатам науч.-исслед. работ 1991 г. Владивосток: ТИНРО. С. 41–42.
- Ерохин В.Г.* 2002. Биология молоди тихоокеанских лососей в прикамчатских водах Охотского моря: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 24 с.
- Ерохин В.Г.* 2006а. Оценка нерестовых возвратов нерки оз. Курильского (Западная Камчатка) по материалам траловых учетов ее молоди в Охотском море // Изв. Тихоокеан. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Т. 144. С. 49–65.
- Ерохин В.Г.* 2006б. Оценка нерестовых возвратов горбуши и нерки Западной Камчатки по материалам траловых учетов их молоди в Охотском море // Бюл. № 1 реализации «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». Владивосток: ТИНРО-Центр. С. 248–252.
- Ерохин В.Г.* 2007. Методико-биологические основы морского мониторинга тихоокеанских лососей в научной практике КамчатНИРО // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана: Сб. науч. тр. Камчат. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Вып. 9. С. 50–78.
- Ерохин В.Г., Декштейн А.Б., Карпенко В.И.* 2004. Результаты оценки численности молоди лососей в Охотском море в 2003 г. // Сб. тр. Магадан. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Вып. 2. С. 214–226.
- Ерохин В.Г., Климов А.В., Лозовой А.П.* 2011. Результаты тралового учета численности молоди тихоокеанских лососей в прикамчатских водах Охотского моря осенью 2011 г. // Бюл. № 6 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. Владивосток: ТИНРО-Центр. С. 118–120.
- Ерохин В.Г., Королев А.В., Рассадников О.А., Чигиринский А.И.* 1990. Оценка запасов тихоокеанских

лососей на местах зимовок в северо-западной части Тихого океана методом траловых съемок // Тез. докл. Междунар. симп. по тихоокеанским лососям. Владивосток: ТИНРО. С. 53–54.

*Карпенко В.И.* 1998. Ранний морской период жизни тихоокеанских лососей. М.: ВНИРО. 165 с.

*Куренкова Е.В., Темных О.С.* 2006. Результаты тотального учета сеголеток горбуши в Охотском море в 2005 г. в связи с перспективами путины 2006 г. // Бюл. № 1 реализации «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». Владивосток: ТИНРО-Центр. С. 228–231.

*Старовойтов А.Н., Шейбак А.Ю., Ванин Н.С.* 2010. Результаты тралового учета преданадромной горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* в северо-западной части Тихого океана в июне–июле 2010 г. // Бюл. № 5 реализации «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». Владивосток: ТИНРО-Центр. С. 75–88.

*Темных О.С.* 2001. Опыт прогнозирования подходов горбуши в Охотском море по данным методик траловых съемок // Вопр. рыболовства. Т. 2, № 1 (5). С. 271–153.

*Темных О.С., Малинина М.Е., Подлесных А.В.* 1997. Дифференциация анадромных миграционных потоков горбуши четных поколений в Охотском море в 90-е гг. // Изв. Тихоокеан. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Т. 122. С. 131–151.

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

*Шунтов В.П., Радченко В.И., Лапко В.В., Полтев Ю.Н.* 1993б. Распределение лососей в водах Сахалино-Курильского региона в период анадромных миграций // Вопр. ихтиологии. Т. 33. № 3. С. 348–358.

*Шунтов В.П., Темных О.С.* 2006. К итогам лососевой путины 2006 г. // Бюл. № 1 реализации «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». Владивосток: ТИНРО-Центр. С. 277–283.

*Шунтов В.П., Темных О.С.* 2009. Рекордная лососевая путина 2009 // Бюл. № 4 реализации «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». Владивосток: ТИНРО-Центр. С. 3–11.

*Шунтов В.П., Темных О.С.* 2010. Лососевая путина 2010: снова рекордный вылов, но только для четных лет // Бюл. № 5 реализации «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». Владивосток: ТИНРО-Центр. С. 3–11.

*Шунтов В.П., Темных О.С.* 2011. Анализ предпосылок и результатов путины 2011 // Бюл. № 6 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. Владивосток: ТИНРО-Центр. С. 3–9.

*Шунтов В.П., Темных О.С., Мельников И.В.* 2000. В 2000 году опять будет много горбуши // Рыб. хоз-во. № 2. С. 20–21.

*Karpenko V.I., Erokhin V.G., Smorodin V.P.* 1998. Abundance and biology of Kamchatkan salmon during the initial year of ocean residence. Bull. NPAFC № 1. Vancouver, Canada. P. 352–366.

## ПРИМЕЧАНИЯ

В связи с тем, что статья поступила в редакцию 23.01.2013, а публикуется в июне 2014 г., авторы сочли необходимым дать следующие примечания:

<sup>1</sup> В 2013–2014 гг. завершается возврат (5+ и 6+) поколения, учтенного в 2008 г.

<sup>2</sup> Окончательные итоги по кетовой путине 2013 года на северо-восточном побережье Камчатки были подведены в период нахождения статьи в редакции: в лаборатории динамики численности и совершенствования прогнозов лососевых рыб КамчатНИРО общий подход оценен в 5,41 млн рыб с пропуском на нерест свыше 0,51 млн особей; вылов составил 14,93 тыс. т.

<sup>3</sup> Официальный утвержденный прогноз вылова кеты на 2014 г. в Западно-Беринговоморской зоне и Карагинской подзоне — 16,127 тыс. т.

<sup>4</sup> В лаборатории динамики численности и совершенствования прогнозов лососевых рыб КамчатНИРО фактический общий возврат кеты северо-востока в 2012 году оценен в 4,48 млн рыб; около 7/10 численности подхода было представлено рыбами возраста 4+, около 2/10 — возраста 3+.