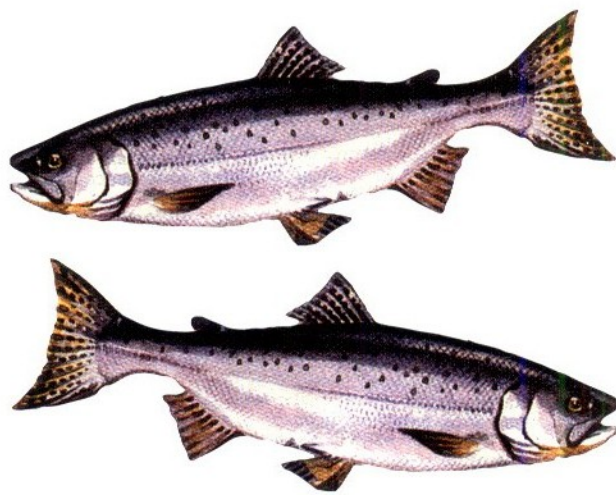


ПРОГНОЗ—ФАКТ

Кандидаты биол. наук Н.И. Виленская,
Н.Б. Маркевич — КамчатНИРО

ОШИБКИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОДХОДОВ И ОДУ ЛОСОСЕВЫХ НА ПРИМЕРЕ ЧАВЫЧИ



При прогнозе подходов и ОДУ лососевых отклонением фактического подхода и вылова от утвержденного прогноза принята величина, равная не более $\pm 25\%$. При составлении прогнозов подходов и ОДУ и сопоставлении полученных оценок с фактическими данными необходимы следующие материалы: оценка фактической численности подхода; оценка фактической численности дочерних поколений; оценка ожидаемой численности подходов и объемов допустимых уловов. Задача настоящей работы — дать примерную оценку допускаемых погрешностей на каждом из вышеперечисленных этапов.

Объектом исследования являлось стадо чавычи (*Oncorhynchus tshawytscha* (Walbaum)) р. Камчатка. Использовались архивные данные, собранные в 1970 — 2002 гг. сотрудниками КамчатНИРО и Севвострыбвода на рыбодобывающих предприятиях в п. Усть-Камчатск. За путину исследовалось около 500 особей. Использованы данные по возрастной и размерно-массовой структуре популяции чавычи, ее ежегодному вылову в низовьях р. Камчатка и пропуску производителей (авиаучетные работы). При сравнении расчетных данных о численности дочернего стада с фактическими использовались материалы ежегодных прогнозов ожидаемой численности подходов.

ПОГРЕШНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФАКТИЧЕСКОЙ ЧИСЛЕННОСТИ ПОДХОДОВ

Численность подхода определяются суммированием вылова (в штучном выражении) и числа производителей, про-

пущенных на нерест. Вылов, в свою очередь, складывается из морского и прибрежного. При его оценках объемы дрифтерного изъятия чавычи не учитываются, так как ее морской промысел не ведется. Вся чавыча добывается в море как прилов, причем наряду с половозрелыми облавливаются и неполовозрелые особи. Кроме того, статистика ее вылова нерегулярна и ненадежна.

Прибрежный вылов производителей Статистика вылова в весовом выражении не включают браконьерский и неучтенный вылов. Следовательно, оценка вылова по массе изначально занижена. Соответственно, занижается и штучный вылов, являющийся частным от деления общей массы вылова на среднюю массу особей.

Пропуск производителей оценивается с помощью аэровизуального учета. Специальные методические работы, выполненные американскими исследователями на небольших речках, показали, что оценка численности производителей, проведенная даже одним оператором, может существенно отличаться от повторной оценки, проведенной им же в те же сроки (Donald, Bevan. *Variability in aerial counts of spawning salmon*. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 1961. V. 18, № 3). Погрешности оценок связаны также с численностью производителей: при высоких скоплениях они увеличиваются (Евзеров А.В. *Оценка достоверности результатов разовых аэровизуальных учетов лососей* // «Изв. ТИНРО», Владивосток, 1973. Т. 86. С. 113—118). Кроме того, на точность аэровизуальных оценок влияют прозрачность воды, освещенность, рельеф, глубина

водоема и т.д. (Остроумов А.Г. *Опыт применения аэрометодов учета тихоокеанских лососей в реках Камчатки*. // Книжная редакция «Камчатской правды». Петропавловск-Камчатский, 1962. С. 44). Сроки учета могут существенно влиять на величину оценки заполнения. Расхождение оценок аэровизуального учета с фактическим количеством производителей составляет не более 25 % (Остроумов А.Г., Евзеров А.В. *Аэровизуальный метод учета лососей и оценка его достоверности*. *Архив КамчатНИРО*, 1965. 62 с.; Евзеров А.В. *К методике аэровизуального учета лососей*. // «Изв. ТИНРО». Владивосток, 1970. Т. 71. С. 199—204). В последние годы при оценке заполнения нерестилищ возникла еще одна проблема: все нарастающее браконьерское изъятие рыбы непосредственно на нерестилищах после учета и до завершения нереста. Несомненно, что оценка заполнения, проведенная до начала нереста, оказывается завышенной.

Таким образом, ошибки в оценке заполнения, так же как и вылова, могут быть высокими.

ПОГРЕШНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФАКТИЧЕСКОЙ ЧИСЛЕННОСТИ ДОЧЕРНИХ ПОКОЛЕНИЙ

Фактическая численность дочерних поколений включает оценку возрастной структуры стада в конкретный год и суммарного подхода к устью каждой возрастной группы по вылову и пропуску на нерестилища.

Оценка возраста производителей Число возрастных групп стада чавычи (с учетом пресноводного и морского возраста) достигает в отдельные годы

десяти и более. Некоторые погрешности не исключены даже при работе одного оператора. Расхождения в оценках возраста одной и той же выборки двумя операторами составляют в лучшем случае 10 %.

Оценка численности подхода каждой возрастной группы по сумме вылова и пропуска. В подобной оценке заложены погрешности вылова (в штучном выражении), в том числе и неучтенного морского; пропуска на нерестилища и возраста.

ПОГРЕШНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЗМОЖНОЙ ЧИСЛЕННОСТИ ПОДХОДОВ И ВЫЛОВА

Схема прогноза подхода и возможного вылова состоит из оценки: ожидаемой численности поколений; ожидаемой численности подходов; возможного вылова.

Оценка ожидаемой численности поколений

Начиная с 60-х годов в основу прогноза численности поколений чавычи р. Камчатка была положена связь между коэффициентом возврата и уровнем воды в верховьях реки в период нереста и раннего эмбриогенеза. Эта методика позволяла достаточно точно оценивать кратность возврата в связи с уренным режимом. Но она не предусматривала произошедшего в последующие годы резкого падения подходов чавычи и колебаний ее численности.

В середине 90-х годов получено новое уравнение связи коэффициента возврата с уровнем воды, базирующееся на данных 80-х годов. Предложенная методика расчета использовалась до 1999 г. Недостатком метода являлось то, что периодически возникала необходимость производить перерасчет используемой зависимости на короткие отрезки времени, так как изменение уровня воды в реке влечет изменение морфологии русла, перераспределение нерестовых площадей и нагульных стадий для молоди, что влияет на эффективность воспроизводства стада. Кроме того, в бассейнах больших рек невозможно проводить экстраполяцию многолетних колебаний гидрометеорологических показателей в одной точке ГМС на весь нерестовый ареал лососей из-за отсутствия полной гидрометеорологической аналогии водосборов и притоков. Потеря точности при таком подходе может дости-

гать 50–80 % (Леман В.Н. *Предельные возможности повышения точности прогнозов численности кеты при использовании архивных гидрометеоданных. // Исслед. биологии и динамики числен. пром. рыб камчатского шельфа. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 1995. Вып. III. С. 7–11*). Диапазон отклонений расчетной численности от фактической при использовании старой методики, основанной на гидрометеорологических наблюдениях, составлял от –60 до +124 %, в среднем по модулю – 42 % (рис. 1, табл. 1).

В 1999 г. авторами статьи была предложена новая методика расчета числен-

ности поколений чавычи стада р. Камчатка. В ее основу положена связь численности поколений с количеством пропущенных на нерест самок старших возрастных групп (5+, 6+). Зависимость между двумя рассматриваемыми показателями высокая – уровень аппроксимации (R^2) превышает 0,6. Если из общего массива данных выделить группы точек с нормальным (50–60 %) и аномальным соотношением полов, то связь между рассматриваемыми параметрами проявляется еще отчетливее. Уровень аппроксимации при нормальном соотношении полов – 0,75; при избытке или недостатке самцов – 0,64. Предложен-

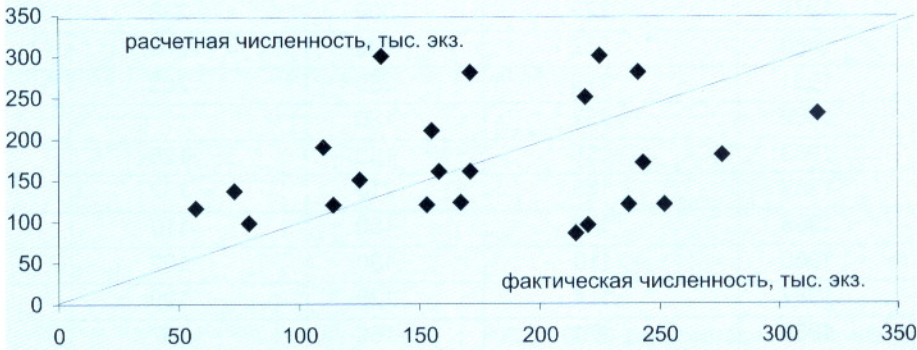


Рис. 1. Связь расчетной численности поколений с фактической при оценке по старой методике, тыс. экз.

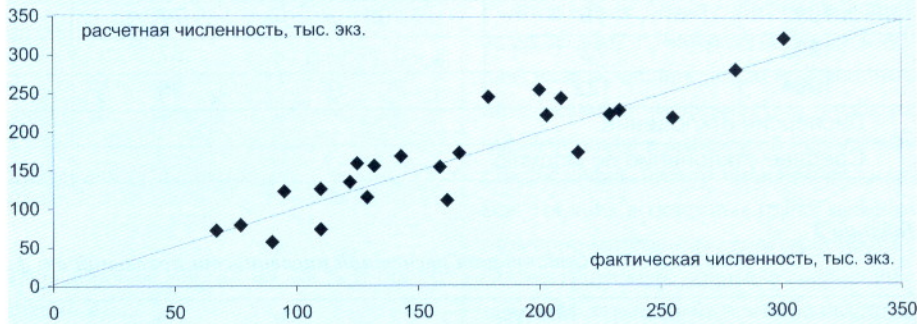


Рис. 2. Связь расчетной численности поколений с фактической при оценке по новой методике, тыс. экз.

Примечание. На рис. 1 и 2 диагональ прямоугольника соответствует точному совпадению расчетной и фактической численности



Таблица 1

Отклонения расчетной численности поколений чавычи р. Камчатка от фактической

Год воспроизводства	Численность дочерних поколений, тыс. экз.			Разность фактической и расчетной численности при использовании методов, (%):	
	Фактическая	Расчетная, по методу:		старого	нового
		старому	новому		
1970	241	280	209	16,1	-13,3
1971	276	180	281	-34,7	1,6
1972	316	230	301	-27,2	-4,7
1973	243	170	179	-30,0	-26,5
1974	215	85	255	-60,4	18,4
1975	134	300	122	123,8	-9,0
1976	153	120	159	-21,5	3,8
1977	171	280	216	63,7	26,3
1978	220	95	229	-56,8	4,3
1979	225	300	233	33,3	3,7
1980	252	120	200	-52,3	-20,8
1981	219	250	203	14,2	-7,8
1982	237	120		-49,4	
1983	158	160	125	1,2	-20,6
1984	155	210	132	35,4	-14,8
1985	125	150	110	20,0	-12,0
1986	110	190	162	72,7	47,3
1987	114	120	129	5,3	13,2
1988	171	160	167	-6,4	-2,3
1989	167	123	143	-26,3	-14,4
1990	73	137	110	87,7	50,7
1991	57	116	90	103,5	57,9
1992	79	98	77	24,0	-2,5
1993	72		67		-6,9
1994	122		95		-22,1
Дисперсия отклонений				2758,7	553,3
Среднее отклонение по модулю				42,0	16,9

Таблица 2

Отклонения расчетной численности поколений от фактической, %

%	Минус				Плюс				
	100-76	75-51	50-26	25-0	0-25	26-50	51-75	76-100	> 100
п, старый метод	-	3	5	2	6	2	2	1	2
п, новый метод	-	-	1	13	6	2	2	-	-

новый метод позволил снизить отклонения расчетной численности от фактической (рис. 2, табл. 1). При использовании нового метода оценки численности поколений ошибки в расчетах обычно не превышают $\pm 25\%$, хотя по отдельным годам могут достигать 50 % и более. При использовании старого метода в большинстве случаев ошибки составляли более 25 %, по отдельным годам – свыше $\pm 75\%$ (табл. 2).

По всему массиву данных среднее отклонение по модулю при расчетах с помощью новой методики снизилось с 42 до 17 %, дисперсия – почти в 5 раз

(см. рис. 2, табл. 1). В настоящее время предложенная методика положена в основу оценки численности поколений – главной составляющей прогнозирования подходов и вылова.

Оценка ожидаемой численности подходов

Оценка ожидаемой численности подходов базируется на ранее рассчитанных данных по ожидаемой численности отдельных поколений и оценке возможного соотношения долей каждого отдельного поколения в возврате, основанной на данных по возрастной структуре стада за последнее пятилетие.

В табл. 3 сведены расчетные и фактические данные по соотношению возрастных групп в подходах чавычи. Как видно из табл. 3, ошибки в расчетах по всем возрастным группам обычно не превышают $\pm 10\%$. Анализ полученных данных показал, что в последние годы при составлении прогноза доля рыб младших возрастных групп (3+) постоянно занижалась, а старших возрастных групп (5+, 6+) – завышалась. Доля рыб в возрасте 4+ (ведущая группа в стаде) при предварительных расчетах бывает как завышенной, так и заниженной, погрешности составляют от -9 до +10 %.

Таблица 3

Расчетный и фактический возрастные составы чавычи р. Камчатка в 1998 – 2002 гг., %

Показатель	1998 г.	1999 г.	2000 г.	2001 г.	2002 г.
Расчетная / фактическая доля рыб возраста 2+	0 / 1	0 / 0	0 / 0	0 / 4	0 / 2
Разность «прогноз – факт»	-1	0	0	-4	-2
Расчетная / фактическая доля рыб 3+	12 / 28	6 / 10	8 / 19	16 / 35	17 / 19
Разность «прогноз – факт»	-16	-4	-11	-19	-2
Расчетная / фактическая доля рыб 4+	59 / 56	65 / 74	56 / 54	60 / 50	61 / 60
Разность «прогноз – факт»	+3	-9	+2	+10	+1
Расчетная / фактическая доля рыб 5+	25 / 14	26 / 15	32 / 25	22 / 11	19 / 17
Разность «прогноз – факт»	+11	+11	+7	+11	+2
Расчетная / фактическая доля рыб 6+	4 / 1	3 / 1	4 / 2	2 / 0	3 / 2
Разность «прогноз – факт»	+3	+2	+2	+2	+1

Таблица 4

Отклонения прогнозной численности подхода чавычи от фактической, %

Минус					Плюс				
%	100-76	75-51	50-26	25-0	0-25	26-50	51-75	76-100	> 100
n	0	0	4	5	6	6	1	2	1



Рис. 3. Прогноз и фактический подход чавычи к р. Камчатка в 1978 – 2002 гг.

Очевидно, что возрастная структура каждого отдельного поколения обусловлена совокупностью факторов, главным образом, морского периода жизни: температурными условиями нагула, кормовой обеспеченностью, однако учесть их практически невозможно. В настоящее время не существует методики, позволяющей снизить погрешности в оценке возможного соотношения долей каждого отдельного поколения в возврате.

Ошибки в оценках численности поколений и возрастного состава естественно сказываются и на расчетах подходов рыб. На рис. 3 представлены величины прогноза и фактического подхода (сумма вылова и пропуска) чавычи к устью р. Камчатка.

За 25 лет наблюдений в большинстве случаев прогноз численности подходов по сравнению с фактической был

завышенным, иногда на 75 % и более (табл. 4).

Столь высокое завышение мы объясняем занижением фактических подходов из-за сокрытия части уловов. Так что при сравнении фактических и прогнозных данных по подходам рыбы надо обратить внимание на случаи, когда прогнозная величина оказалась ниже фактической. Таких случаев за время наблюдений оказалось девять. Максимальное занижение расчета – 50 % – наблюдалось в прогнозе на 2002 г., когда численность подходов чавычи возросла как на Восточном, так и Западном побережье Камчатки. С учетом браконьерства можно предполагать, что расхождение прогнозных и фактических данных в действительности оказалось выше.

Остановимся на анализе подхода чавычи стада р. Камчатка. В возврате

2002 г. 60 % рыб составляли пятилетки (поколение 1997 г.), 19 % – четырехлетки (1998 г.) и 17 % – шестилетки (1996 г.). На все остальные группы пришлось 4 %. Родительские стада, обеспечивающие возврат 2002 г., характеризовались общей низкой численностью производителей; низкими численностью самок на нерестилищах и долей их в нерестовых стадах; очень низкой численностью самок старших возрастных групп; низкими размерно-массовыми характеристиками. Соответствующие данные в сравнении с другими периодами воспроизводства представлены в табл. 5.

Оценки таких показателей, как общая численность самок на нерестилищах, численность самок старших возрастных групп и доля их в нерестовом стаде, основаны на данных биологического анализа производителей, проводившегося на рыбоприемных пунктах в низовьях р. Камчатка. Мы предполагаем, что эти данные недостаточно адекватно отражают биологическую структуру стад чавычи, что объясняется особенностями промысла (в отдельные годы селективный вылов более мелкой чавычи при речном промысле нерки) и тем, что часть выловленных самок старших возрастных групп не доходила до рыбоприемного пункта. И ошибка в прогнозе возможного возврата чавычи к р. Кам-

Таблица 5

Характеристика родительских поколений 1966 – 1995 и 1996 – 1998 гг.

Годы воспроизводства	Пропуск, тыс. экз.			Доля самок, %	Длина производителей, см	Масса производителей, кг
	производителей	самок	самок 5+, 6+			
1966–1970	62	30,2	18,7	49	87,6	10,0
1971–1975	67	30,4	16,3	46	88,8	10,2
1976–1980	56	26,2	15,1	47	87,0	9,2
1981–1985	50	18,0	8,7	36	82,3	7,7
1986–1990	45	19,9	7,8	45	85,8	8,9
1991–1995	35	13,1	4,8	39	84,8	8,8
1996	18	5,9	2,4	33	82,6	8,1
1997	30	11,7	2,3	39	78,1	7,9
1998	26	7,0	2,1	27	74,8	6,2

чатка в 2002 г. может быть связана с тем, что в расчет были заложены данные, не отражающие истинную структуру родительских стад.

Кроме того, высокий подход чавычи к побережью в 2002 г. мог явиться следствием высокой выживаемости рыб в пресноводный и, главным образом, морской (в море чавыча проводит три-четыре года) периоды жизни. Но существующая методика прогнозирования не учитывает выживаемость рыб в морской период жизни. Контроль за лососями в морской период жизни почти полностью выпадает из сферы исследований, так как с 1992 г. их промысел в нейтральных водах океана и морей запрещен. Разрешен промысловый и научно-промысловый лов лососей исключительно в экономической зоне РФ. Однако здесь мы

имеем дело преимущественно с преднерестовыми подходами, исследования которых (в случае с чавычей) не могут обеспечить уточнение прогноза непосредственно перед началом промысла.

Оценка возможного вылова

В прогнозах оценка возможного вылова дается в экземплярах и тоннах. Оценка возможного вылова в экземплярах исчисляется как разность ожидаемого подхода и необходимого пропуска. По многолетним данным в р. Камчатка оптимальный пропуск производителей на нерестилища оценен в 40–60 тыс. особей. Оценка возможного вылова в тоннах исчисляется как произведение возможного вылова в экземплярах на среднюю ожидаемую массу одной особи. Последняя рассчитывается, исходя из средней массы рыб каждой возраст-

ной группы за последнее пятилетие. Более точной методики оценки ожидаемой средней массы производителей нет.

В табл. 6 сведены расчетная и фактическая масса рыб по возрастным группам в подходах чавычи р. Камчатка за последнее пятилетие. Ошибки в расчетах средней массы рыб старших возрастных групп могут быть от –6 до +4 кг. Однако доля старших особей в последние годы весьма низка, и эта ошибка, видимо, не является существенной для расчетов ОДУ. Что касается возрастной группы 4+, доля которой в уловах и подходе в последние годы достигает 60–70 %, то погрешности в расчетах за прошедшее пятилетие составили от –2,0 до +1,2 кг. Безусловно, такие отклонения расчетной массы от фактической могут сказываться на величине ОДУ.

Таблица 6

Расчетная и фактическая масса чавычи по возрастным группам, кг

Показатель	1998г.	1999г.	2000г.	2001г.	2002г.
Расчетная / фактическая масса рыб 3+	4 / 3,3	3,5 / 3,3	3 / 3,9	3 / 4,2	3 / 3,6
Разность «прогноз – факт»	+0,7	+0,2	-0,9	-1,2	-0,6
Расчетная / фактическая масса рыб 4+	8 / 6,8	8 / 7,9	5 / 7,0	6 / 7,5	7 / 7,8
Разность «прогноз – факт»	+1,2	+0,1	-2,0	-1,5	-0,8
Расчетная / фактическая масса рыб 5+	12 / 9,3	12 / 10,8	9 / 10,3	9 / 13,1	9 / 12,1
Разность «прогноз – факт»	+2,7	+1,2	-1,3	-4,1	-3,1
Расчетная / фактическая масса рыб 6+	15 / 10,9	15 / 14,7	11 / 11,3	12 / 18,1	13 / 14,5
Разность «прогноз – факт»	+4,1	+0,3	-0,3	-6,1	-1,5

Таблица 7

Отклонения прогнозного вылова чавычи в весовом выражении от фактического

Минус					Плюс				
%	100-76	75-51	50-26	25-0	0-25	26-50	51-75	76-100	> 100
n	1	0	1	6	7	5	2	0	3

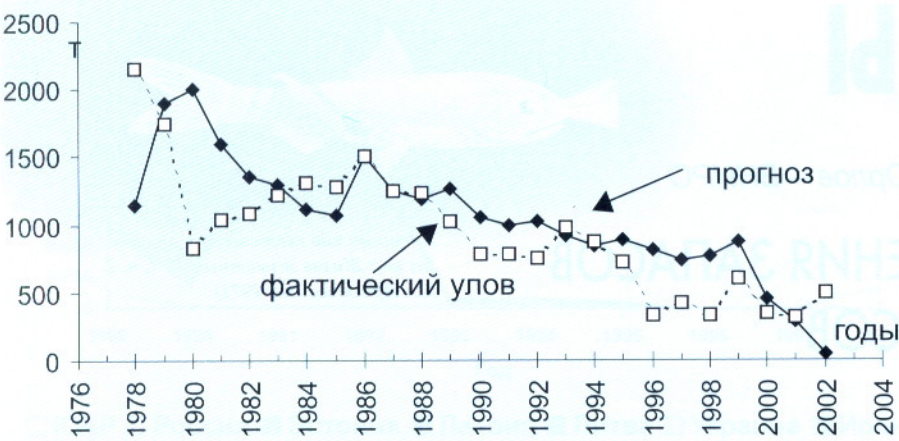


Рис. 4. Прогноз и фактический вылов чавычи р. Камчатка в 1978 – 2002 гг., т

На рис. 4 представлены прогноз и фактический вылов чавычи в весовом выражении за период с 1978 по 2002 г. В абсолютном большинстве случаев прогнозные величины выше реальных. Обычно это завышение не превышает 50 %, но по отдельным годам может достигать 100 % и более (табл. 7).

В действительности, как уже было сказано, завышение прогноза, скорее всего, менее существенно, так как значительная доля фактических уловов не отражается статистикой. Занижение прогноза наблюдалось в восьми случаях, максимальное (90 %) – в 2002 г.

Нужно учитывать, что рекомендуемые объемы вылова реально могут воплощаться в жизнь только при условии одновидового промысла. В р. Камчатка он многовидовой. Сроки захода чавычи и нерки в реку, как и сроки промысла, практически совпадают. Если лимиты на вылов чавычи выделены небольшие, то они исчерпываются в течение нескольких дней, после чего промысел приходится останавливать. В результате возникает угроза недолова нерки, что может приводить к большим экономическим потерям. В этой ситуации приходится пересматривать уровень пропуска производителей на нерестилища – лимиты на вылов добавляются, как пра-

вило, за счет сокращения пропуска рыб. Это обстоятельство является еще одной причиной расхождения величин фактического вылова с прогнозом.

Перечисленные выше погрешности, возникающие при прогнозировании подходов и ОДУ чавычи, во многом можно отнести и к другим видам тихоокеанских лососей.

Vilenskaya N.I., Markevitch N.B.
Errors in forecasts of salmonids spawning stock size and TAC, with chinook salmon taken as an example

*The officially approved level of uncertainty associated with the forecasts of salmonids spawning stock size and TAC is $\pm 25\%$. The data, that are necessary for adequate forecasting, should encompass the following estimates: the actual spawning stock size, the actual numbers of successive generations, the expected numbers of spawners and total allowable catch. In the present article the approximate value of possible errors is given for each of these calculation steps. As a case study the chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha* (Walbaum)) stock of the Kamchatka River is chosen. Nevertheless, the errors arising when forecasting chinook salmon stock size can be attributable to other Pacific salmon species in many respects.*

