

УДК 597.553.2.

**К УТОЧНЕНИЮ МЕТОДИКИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЧИСЛЕННОСТИ ПОКОЛЕНИЙ И ОЖИДАЕМЫХ ПОДХОДОВ ЧАВЫЧИ Р. КАМЧАТКА****Н. И. Виленская, Н. Б. Маркевич**

Анализ динамики возрастной и половой структуры чавычи р. Камчатка позволил совершенствовать методику прогнозирования численности подходов этого стада. Обнаружено, что связь численности поколений с численностью самок-родителей младшей возрастной группы практически не выражена, с численностью же старшей — проявляется достаточно отчетливо. Еще ярче она выявляется при учете в расчетах материалов по соотношению полов. Сравнение данных по ожидаемой численности поколений, рассчитанных по старой и новой методикам, в сопоставлении с фактической их численностью, показали, что новый метод позволяет значительно снизить величины среднего отклонения и дисперсии.

На азиатском побережье Тихого океана чавыча воспроизводится в промысловом количестве только в реках Камчатского полуострова. Основными районами её воспроизводства и промысла здесь являются бассейны наиболее крупных рек, таких как Камчатка, Большая, Апука, Пахача, Вывенка, а также ряд рек центральных и северных районов западного побережья.

В бассейне р. Камчатка в отдельные годы добывается до 90% общего вылова чавычи на Дальнем Востоке, поэтому совершенствование методики прогнозирования численности подходов для этого стада и для стад региона в целом весьма актуально. Представленные материалы по совершенствованию методики прогнозирования чавычи р. Камчатка основаны на анализе многолетних архивных данных по биологии и промыслу этого вида, обобщенных нами ранее (Виленская и др., 2000).

**МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ**

Объектом исследования являлось стадо чавычи р. Камчатка. При анализе материала использованы архивные данные, собранные в 1946–1998 гг. сотрудниками КамчатНИРО и Камчатрыбвода. Первичные материалы по биологическим показателям производителей любезно предоставлены нам Б.Б. Вронским. В работе использованы многолетние данные ГМС по уровню воды в р. Камчатка. При сравнении фактической и расчетной численности поколений использованы материалы, взятые из ежегодных прогнозов ожидаемой численности подходов.

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

В предыдущие годы прогнозирование численности подходов стада чавычи к устью р. Камчатка основывалось на связи величины кратности возврата дочерних поколений с уровнем воды в реке в период нереста и начала эмбриогенеза.

Схема прогноза состояла из нескольких блоков:

1. Оценка фактической численности поколений и кратности возврата. Этот блок включал в себя следующие этапы:

1.1. определение численности пропущенных на нерестилища производителей (стандартные аэровизуальные наблюдения, ежегодно проводимые КамчатНИРО с 1958 г.);

1.2. расчет фактической численности поколений чавычи, возвратившихся к устью р. Камчатка (по данным, включающим в себя возрастную структуру стада в конкретный год наблюдений, расчету суммарного подхода к устью каждой возрастной группы по вылову и пропуску на нерестилища);

1.3. по п.п. 1.1. и 1.2. определение фактической кратности возвратов поколений.

2. Оценка ожидаемой численности поколений. Этот блок включал в себя следующие этапы:

2.1. выявление связи фактической величины кратности возврата с уровнем воды в верховьях р. Камчатка в период нереста и начальных этапов эмбриогенеза;

2.2. нахождение уравнения: кратность возврата — уровень воды, описывающего эту зависимость;

2.3. определение ожидаемой численности дочернего поколения по расчисленной кратности возврата.

3. Прогноз численности подходов, который базируется на:

3.1. ранее расчисленных данных по численности отдельных поколений (см. п. 2.3.);

3.2. оценке возможного соотношения долей каждого отдельного поколения в возврате, основанной на среднемноголетних данных по возрастной структуре стада, подходящего к устью р. Камчатка (данные последнего пятилетия);

3.3. корректировке данных по оценке возможного соотношения долей каждого отдельного поколения в возврате, предполагающей взаимовлияние численности смежных поколений. Это взаимовлияние проявляется в ускорении темпа созревания (и, соответственно, возраста возврата) высокочисленных поколений, по сравнению с предшествующими — малочисленными.



## 4. Прогноз возможного вылова:

4.1. в штуках, исчисляемого как разность ожидаемого подхода к устью р. Камчатка и необходимого пропуска;

4.2. в тоннах, исчисляемого как произведение возможного вылова в штуках на среднюю ожидаемую массу одной особи (по средним данным за последнее пятилетие).

Схема прогнозирования, приведенная выше, не являлась абсолютно жесткой и на некоторых этапах подвергалась незначительным модификациям, не меняющим ее суть. В ее основу заложена связь величины коэффициента возврата с уровнем воды в верховьях р. Камчатка в период нереста и раннего эмбриогенеза, позволявшая до 90-х годов достаточно надежно оценивать кратность возврата и по ней рассчитывать ожидаемую численность поколений (рис. 1).

Но существующая методика прогнозирования не смогла предусмотреть резкое падение подходов чавычи к р. Камчатка и колебания ее численности в последние годы.

Ревизия и анализ всего массива данных по численности отдельных поколений чавычи, реальным наблюдаемым коэффициентам возврата и уровням воды показали, что хотя и проявляется общая тенденция к снижению коэффициентов возврата с повышением уровня воды, но разброс точек около теоретической линии очень велик, и корреляция сопоставляемых величин незначима. Связь коэффициентов возврата (R) с уровнем воды на достаточно длительном отрезке времени весьма неопределенна (рис. 2).

В середине 90-х годов было получено новое уравнение для связи коэффициентов возврата с уровнем воды, базирующееся на данных 80-х годов (рис. 3). Его использовали для расчета ожидаемой численности поколений в прогнозах последних лет.

Существенными недостатками используемого метода являются:

1. Необходимость периодически производить перерасчет зависимости коэффициентов возврата от уровня на короткие отрезки времени, так как изменение уровня воды в реке влечет изменение морфологии русла, перераспределение нерестовых площадей и нагульных стадий для молоди, что может менять эффективность воспроизводства стада.

2. Предполагается, что основное воспроизводство чавычи р. Камчатка осуществляется в ее верховьях. Фактически в среднем течении реки и ее притоках всегда воспроизводилось значительное количество молоди. Кроме того, в последнее десятилетие роль верховых нерестилищ в воспроизводстве чавычи ничтожна, т. к. производители практически полностью изымаются браконьерами при подходе на нерест.

Указанные недостатки приводили к существенному расхождению данных по фактической и расчетной численности поколений чавычи р. Камчатка. Но к настоящему времени в КамчатНИРО накоплено достаточно материалов по фактическому возврату производителей, что дало возможность пересмотреть методику прогнозирования численности поколений этого стада.

Прогноз ожидаемой численности подходов строится, обычно, на основе связи численности потомства с численностью производителей или же самок, учтенных на нерестилищах. На рис. 4

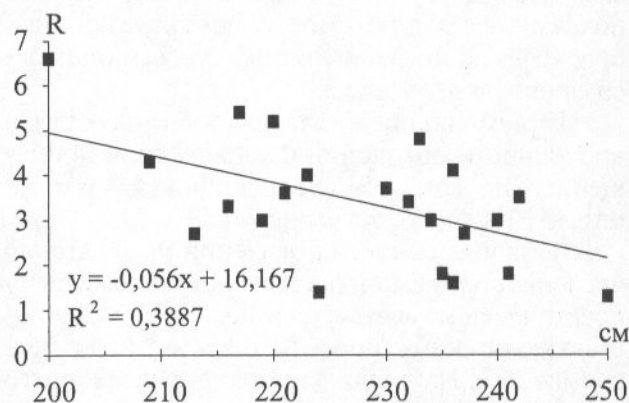


Рис. 1. Связь кратности возврата чавычи (R) р. Камчатка с уровнем воды (см) в верховьях реки в период нереста (1946–1969 гг.)

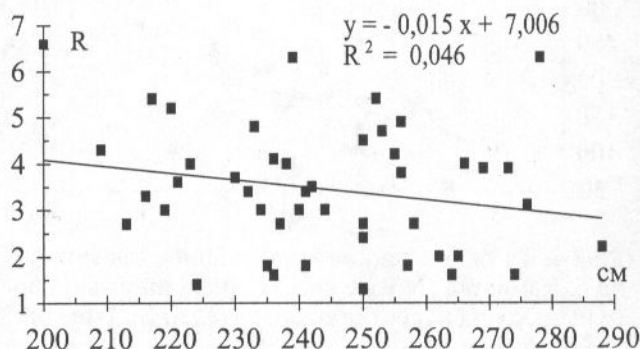


Рис. 2. Связь кратности возврата чавычи (R) р. Камчатка с уровнем воды (см) в верховьях реки в период нереста (1946–1992 гг.)

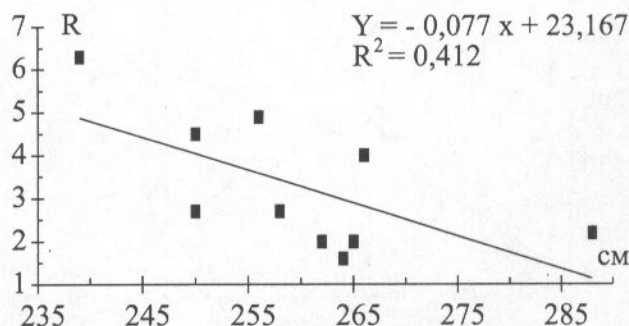


Рис. 3. Связь кратности возврата чавычи р. Камчатка (R) с уровнем воды (см) в верховьях реки в период нереста (1982–1991 гг.)

представлено поле точек и построена кривая связи численности поколений с количеством пропущенных производителей и рассчитано соответствующее уравнение регрессии. Связь сопоставляемых величин очевидна, но разброс точек около теоретической кривой очень велик, и уровень аппроксимации, указывающий на тесноту связи ( $R^2$ ), низок.

Далее была рассчитана связь численности дочерних поколений с численностью самок на нерестилищах (рис. 5). Как видно из графика, само по себе количество пропущенных на нерест самок также не является достаточно надежным показателем для прогностических целей. Разброс точек по-прежнему велик, а уровень аппроксимации связи — низок.

На рис. 6а,б представлены поля точек связи численности поколений с количеством пропущенных на нерест самок младших (4+) и старших (5+ и 6+) возрастных групп.

Связь численности поколений (возвратов) с численностью самок младших возрастных групп практически не выражена (рис. 6а), с численностью же старших проявляется достаточно четко (рис. 6б). На долю фактора, определяющего уровень зависимости возврата дочернего поколения от количества пропущенных самок старших

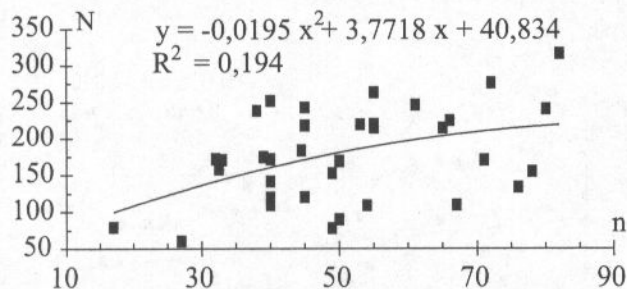


Рис. 4. Связь численности поколений чавычи стада р. Камчатка (N, тыс. экз.) с численностью пропущенных на нерест производителей (n, тыс. экз.)

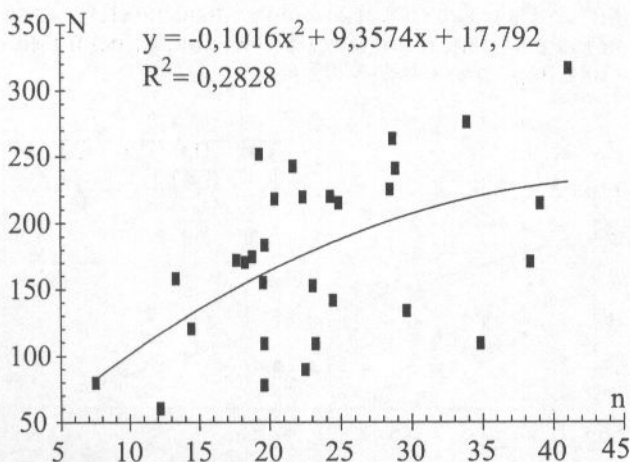


Рис. 5. Связь численности поколений чавычи стада р. Камчатка (N, тыс. экз.) с численностью пропущенных на нерест самок (n, тыс. экз.)

возрастов, приходится более 60% от общей дисперсии.

Если же из общего массива данных выделить группы точек с нормальным (50–60%) и явно аномальным соотношением полов (избыточная доля или же дефицит производителей какого-либо пола могут негативно сказываться на процессе воспроизводства), то связь между рассматриваемыми параметрами выявляется еще отчетливее (рис. 7).

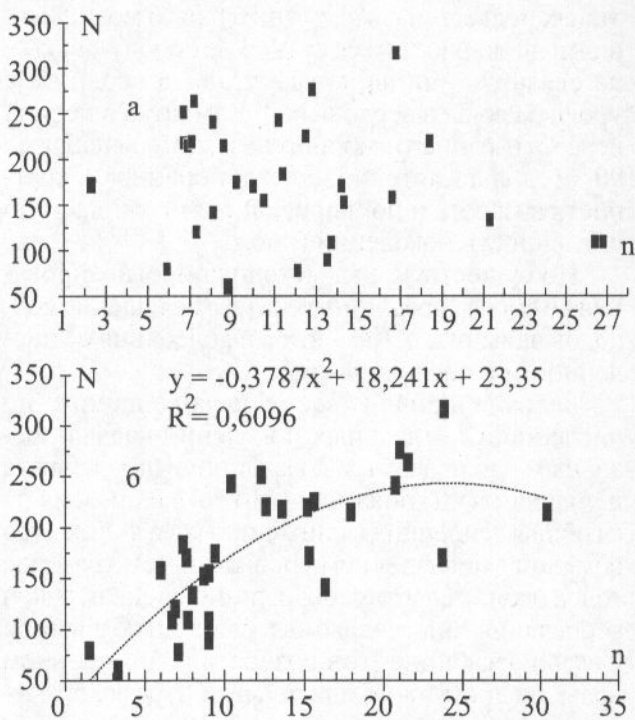


Рис. 6. Связь численности поколений чавычи р. Камчатка (N, тыс. экз.) с количеством пропущенных на нерест самок (n, тыс. экз.) в возрасте 4+ (а) и 5+; 6+ (б)

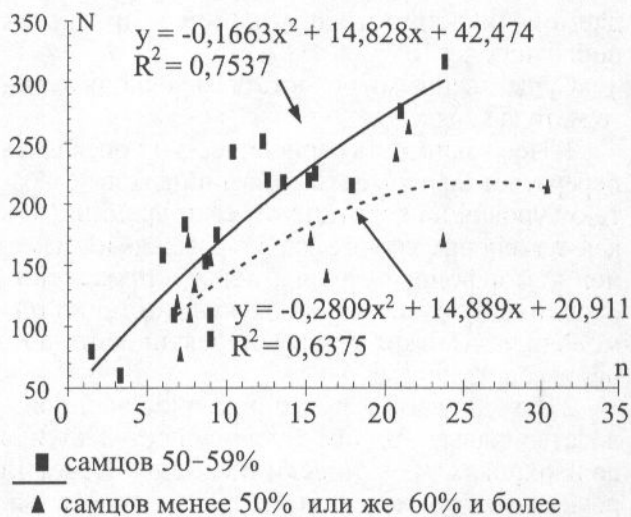


Рис. 7. Связь численности поколений чавычи р. Камчатка (N, тыс. экз.) с количеством пропущенных на нерест самок старших возрастных групп (n, тыс. экз.) при разной доле самцов в родительских стадах

Таким образом, для предлагаемого нового метода расчета ожидаемой численности поколений можно использовать два уравнения:

1. при доле самцов в родительском стаде 50–60%:  $y = -0,16663x^2 + 14,828x + 42,474$ ;

2. при доле самцов в родительском стаде менее 50 и более 60%:  $y = -0,2809x^2 + 14,889x + 20,911$ ,

где  $x$  — численность самок старших групп (5+ и 6+) в родительском стаде, тыс. экз.;  $y$  — ожидаемая численность поколения, тыс. экз.

С чем может быть связана столь различная эффективность воспроизводства самок старших и младших возрастных групп?

На рис. 8 даны среднееголетние вариационные распределения размеров самок возрастов 4+ и 5+, 6+. Как видно, хотя кривые и трансгрессируют, все же большинство самок старшего возраста крупнее молодых. В возрастных группах 5+ и 6+ более 74% самок имеют размеры свыше 90 см; в группе 4+ доля таких особей составляет около 20%. Видимо, крупные и сильные самки могут выбирать более удобные нерестовые площадки, а также глубже закапывать икру и тем самым гарантировать ее от выноса течением во

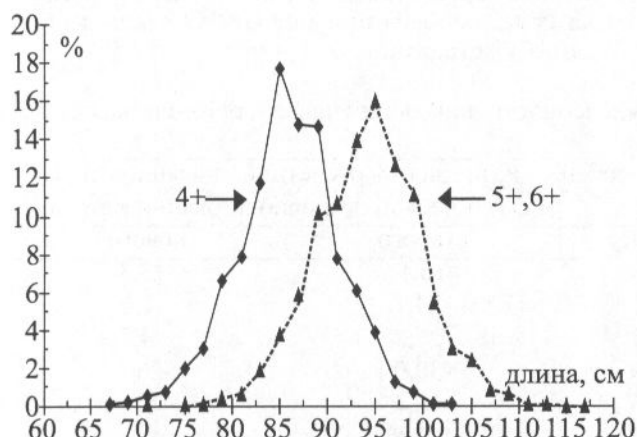


Рис. 8. Размерные распределения самок чавычи возрастных групп 4+ и 5+, 6+

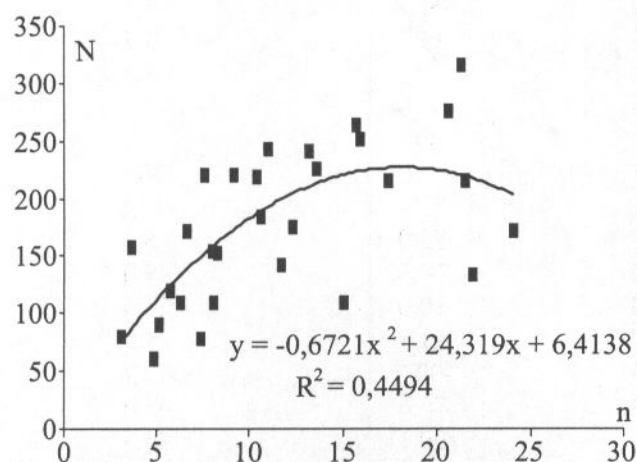


Рис. 9. Связь численности поколений чавычи ( $N$ , тыс. экз.) с количеством пропущенных на нерест самок ( $n$ , тыс. экз.) крупных размеров (90 см и более)

время нереста. По мнению Б.Б. Вронского (1972), в период нереста у чавычи гибнет более 80% яйцеклеток вследствие вымывания их из гнезд под воздействием сильного течения воды.

Однако связь численности поколений с количеством пропущенных на нерест самок крупных размеров (более 90 см) все же ниже, чем с количеством самок старших возрастов (рис. 9).

По-видимому, и независимо от размеров особей, эффективность воспроизводства старших рыб выше молодых. Старшие особи, вероятно, продуцируют более крупную икру. Мы не располагаем данными по массе яйцеклеток самок чавычи р. Камчатка к моменту овуляции. Но по имеющимся у нас многолетним материалам, при заходе в реку связь размеров яйцеклеток с возрастом рыб прослеживается достаточно отчетливо (табл. 1). Можно предполагать, что и к моменту завершения трофоплазматического роста эти различия сохраняются.

Предыдущими работами, проведенными нами на нерке, было показано, что из крупных яйцеклеток вылупляются крупные личинки с большим запасом желтка; личинки из мелкой икры имеют меньшие размеры и массу желточного мешка (Виленская, Маркевич, 1987; Маркевич, Виленская, 1991). Сходные связи получены и другими авторами на чавыче и нерке (Bilton, 1971; Fowler, 1972). Возможно, у крупных личинок полная резорбция желтка, а значит и выход из гнезд происходит позже, в более благоприятные для активного нагула сроки. Возможно также, что жизнестойкость крупных личинок выше, чем мелких. Перечисленные факторы могут обуславливать более стабильное выживание молоди от самок старшего возраста, по сравнению с молодыми, что, соответственно, проявляется при анализе связей между численностью самок разного возраста и численностью дочерних поколений.

В таблице 2 приведены данные по ожидаемой численности поколений чавычи р. Камчатка, рассчитанные по старой и новой методикам, в сопоставлении с фактической их численностью за период с 1970 года. При расчетах по старой методике отклонения оценок ожидаемой численности поколений от фактической варьируют от –60 до +124%, составляя по модулю в среднем 42%

Таблица 1. Средняя масса яйцеклеток самок чавычи основных возрастных групп

Годы промысла	Возрастные группы	
	4.1+	5.1+
1962–1967	98	113
1968–1977	109	128
1978–1987	98	112
1988–1997	102	124
1998	98	104



(дисперсия = 2614). Оценка по новому методу позволяет понизить величину среднего отклонения по модулю до 18%, а дисперсию почти в 5 раз (525) (таблица 2).

Более тесную связь величины ожидаемой численности поколений с фактически наблюдаемой, рассчитанной новым методом (по сравнению со старым) наглядно демонстрируют графики на рис. 10.

Вышеизложенное дает основания в дальнейшей работе по оценке возможной численности поколений стада чавычи р. Камчатка, на основе которой рассчитывается величина возможного ее промыслового изъятия, использовать новую методику.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Суть предлагаемой методики прогнозирования численности поколений чавычи р. Камчатка заключается в следующем:

- 1. На основании аэровизуальных обследований оценивается количество производителей, пропущенных на нерестилища р. Камчатка.
- 2. По данным биологического анализа оцениваются возрастной состав и соотношение полов производителей, возвращающихся на нерест.

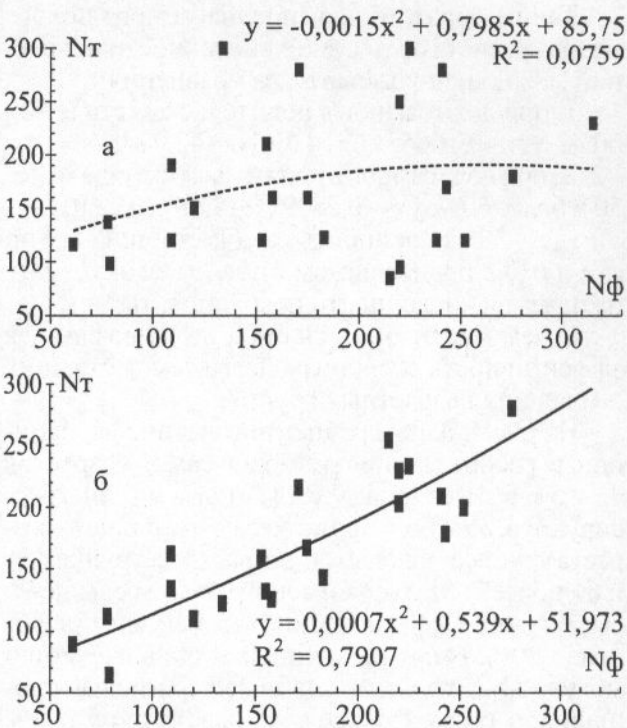


Рис. 10. Связь фактических (Nφ) и расчетных (Nт) данных по численности поколений чавычи р. Камчатка (тыс. особей) при оценке Nт старым (а) и новым (б) методами

Таблица 2. Сравнение результатов расчета ожидаемой численности поколений чавычи р. Камчатка при использовании старого и нового методов

Годы воспроиз- водства	Численность дочерних поколений, тыс. особей			Разница в % расчетной численности от фактической при использовании метода:	
	фактическая	расчетная по методу			
			старому	новому	старого
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	220	250	203	13,6	-7,8
1982	238	120		-49,5	
1983	158	160	125	1,2	-20,6
1984	155	210	132	35,4	-14,8
1985	120	150	110	25,0	- 8,3
1986	109	190	162	74,3	49,0
1987	109	120	134	10,0	23,3
1988	175	160	167	-8,5	-4,5
1989	183	123	143	-32,7	-21,8
1990	78	137	112	75,6	43,6
1991	61	116	90	90,1	46,9
1992	79	98	64	24,0	-18,6
Дисперсия отклонений				2613,5	525,4
Среднее отклонение по модулю				41,8	17,8

3. По данным биологического анализа оценивается количество самок старших возрастных групп (5+ и 6+), зашедших на нерестилища.

4. В зависимости от доли самцов в нерестовом стаде производится оценка возможной численности дочернего поколения по уравнениям:

а) при доле самцов в родительском стаде 50–59%:  $y = -0,16663x^2 + 14,828x + 42,474$ ;

б) при доле самцов в родительском стаде менее 50 и более 60%:  $y = -0,2809x^2 + 14,889x + 20,911$ .

В обоих уравнениях:  $x$  — численность самок старших возрастных групп (5+ и 6+) в родительском стаде, тыс. экз.;  $y$  — ожидаемая численность поколения, тыс. экз.

Оценка возможной численности отдельных поколений является основой для прогнозирования подходов и вылова. Что касается оценки возможного соотношения долей отдельных поколений в ежегодных подходах, то в старой и новой методике она практически сходна. В обоих случаях за основу принимается допущение, что в год, на который прогнозируется возврат, соотношение возрастных групп будет близко к среднему за предыдущее пятилетие. Но по старой методике это соотношение корректировалось с учетом возможного взаимовлияния смежных поколений (об этом было сказано выше). По нашему мнению, в настоящее время суммарная численность и численность отдельных поколений чавычи на акватории морского нагула не настолько высока, чтобы подобное взаимовлияние имело место. Поэтому на данном этапе в новой методике предлагается при оценке соотношения возрастных групп в возврате использовать только их средние значения за предыдущее пятилетие.

По остальным позициям прогнозирования сравниваемые методики аналогичны.

Выражаем искреннюю признательность Б.Б. Вронскому за все предоставленные материалы и консультации.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Виленская Н.И., Маркевич Н.Б. 1987. Зависимость между весом икры нерки и размерно-весовыми показателями ее потомства на ранних этапах развития // Биологические ресурсы камчатского шельфа, их рациональное использование и охрана. Тез. докл. научно-практ. конф. Петропавловск-Камчатский. С. 32–33.

Вронский Б.Б. 1972. Материалы о размножении чавычи *Oncorhynchus tshawytscha* (Walbaum) р. Камчатки // Вопр. ихтиологии. Т. 12. Вып. 2 (73). С. 293–308.

Маркевич Н.Б., Виленская Н.И. 1991. Выживание и весовой рост личинок нерки *Oncorhynchus nerka*, проходившей ранние этапы эмбриогенеза при различном термическом режиме. // Вопр. ихтиологии. Т. 31. Вып. 5. С. 756–765.

Bilton, H.N. 1971. A hypothesis of alteration of age of return in successive generations of Skeena River sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) // Journal of the Fisheries Research Board of Canada. Vol. 28. No. 4. P. 513–516.

Fowler, L.G. 1972. Growth and mortality of fingerling chinook salmon as affected by egg size // The Progressive Fish Culturist. Vol. 34. No 2. P. 66–70.