

УДК 597.553.2

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ДИНАМИКИ ЧИСЛЕННОСТИ И МЕТОДИКАХ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЗАПАСОВ КЕТЫ *ONCORCHYNCHUS KETA* WALBAUM (SALMONIDAE) ЗАПАДНОЙ КАМЧАТКИ

Е. А. Шевляков, Л. О. Заварина



Проведен анализ данных авианаблюдений за заполнением нерестилищ Западной Камчатки производителями кеты и горбуши, а также материалов КамчатНИРО более чем за 30-летний период. Предложено несколько возможных вариантов методики прогнозирования численности подходов кеты, воспроизводимой в водоемах данного региона. Получены данные, позволяющие значительно более точно оценить величины запасов кеты, основываясь на знании совокупной численности отнерестовавших в реках производителей горбуши и кеты.

E. A. Shevlyakov, L. O. Zavarina. Concerning the features of stock abundance dynamics and methods of forecast chum salmon *Oncorhynchus keta* Walbaum (Salmonidae) stock abundance of West Kamchatka // Research of water biological resources of Kamchatka and of the northwest part of Pacific Ocean: Selected Papers. Vol. 7. Petropavlovsk-Kamchatski: KamchatNIRO. 2004. P. 181–186.

Data of observations from the air for density of chum and pink salmon escapement in spawning grounds in West Kamchatka and materials collected by KamchatNIRO for the period more than 30 years has been analyzed. Several possible methods of forecast of chum salmon run to have a spawn in West Kamchatka have been suggested. The data obtained and the basis information on generalized abundance of chum and pink salmon escapement provided much more accurate estimation of chum salmon stock.

Кета традиционно является вторым по промысловой значимости видом среди тихоокеанских лососей на Камчатке. Лишь в последний период (с конца 1980-х годов) в связи с возросшей численностью азиатской нерки, в частности западнокамчатского стада р. Озерная, доля кеты в общем вылове сместилась на третью позицию. Тем не менее в таких промысловых районах Камчатки как западное побережье (севернее р. Озерная), Петропавловск-Командорская подзона (исключая р. Камчатку) и Карагинская подзона, кета была и остается одним из самых значимых объектов промысла лососей, в отдельные годы превосходя по численности и биомассе даже такой многочисленный вид как горбуша.

Колебания вылова кеты на Западной Камчатке достигали значительных величин, и условно в динамике ее запасов с начала прошлого века можно выделить четыре периода (рис. 1). Максимальные уловы кеты в данном регионе Камчатки приходится на двадцатые–тридцатые годы прошлого века; тогда их величина достигала почти 50 тыс. тонн (1929 г. — 49,7 тыс. т), в среднем — 16–17 тыс. тонн. До конца 50-х годов прошлого века уловы оставались достаточно высокими, однако средняя величина вылова снизилась до 9 тыс. тонн. Самый неблагоприятный период в динамике запасов кеты имел место со второй половины 50-х годов и до введения 200-мильных экономических зон в конце 70-х. В течение этого периода средний вылов не превышал 1 тыс. тонн. Он характеризовался значительным изъятием всех видов лососей береговыми рыбодобывающими предприятиями и дрейфтерным флотом Японии, повлекшим депрессию запасов большинства стад дальневосточных тихоокеанских лососей (Николаева, 1983). По мнению ряда исследователей (Николаева, 1980; Кляшторин, Сидоренков, 1996; Кляшторин, 2000; Klyashtorin, 2001; Горяинов, Шатилина, 2003 и др.), депрессию обусловило неблагоприятное действие климатических факторов в рас-

сматриваемый период, приведшее к перестройкам морских экосистем (Шунтов и др., 1997; Иванов, 1998). Так или иначе, введение экономических зон и рост продуктивности дальневосточных морей в конце 1970-х–начале 1980-х годов предопределило некоторое увеличение численности кеты. Значительный же рост запасов кеты произошел начиная с 2000 года и совпал с разгрузкой экосистемы Охотского моря и ростом численности западнокамчатской горбуши.

До настоящего времени не обнаружено сколь угодно надежных предикторов, позволяющих с достаточной степенью точности оценивать численность поколений кеты и возможных подходов ее производителей к побережью Камчатки. Также не выявлено какой-либо зависимости между величиной поколений родителей и потомков. Это обстоятельство позволяет предполагать существование весьма значительного влияния неучтенных факторов на формирование урожайности поколений кеты.

Представленная работа посвящена анализу закономерности формирования численности половозрелой части генераций кеты западного побережья Камчатки и поиску альтернативных подходов к прогнозированию ее запасов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В представленной работе для анализа динамики численности западнокамчатской кеты использовали данные, начиная с 1978 года (введение ИЭЗ России) и по настоящее время. Подразумевается, что в этот период поступала более достоверная промысловая статистика по сравнению с таковой периода крупномасштабного японского берегового и дрейфтерного промысла (хотя бы по порядку величин вылова кеты). Оценки современной промысловой статистики хотя и несколько занижены вследствие недоучета прессы браконьерства, однако, на наш взгляд, в большей сте-

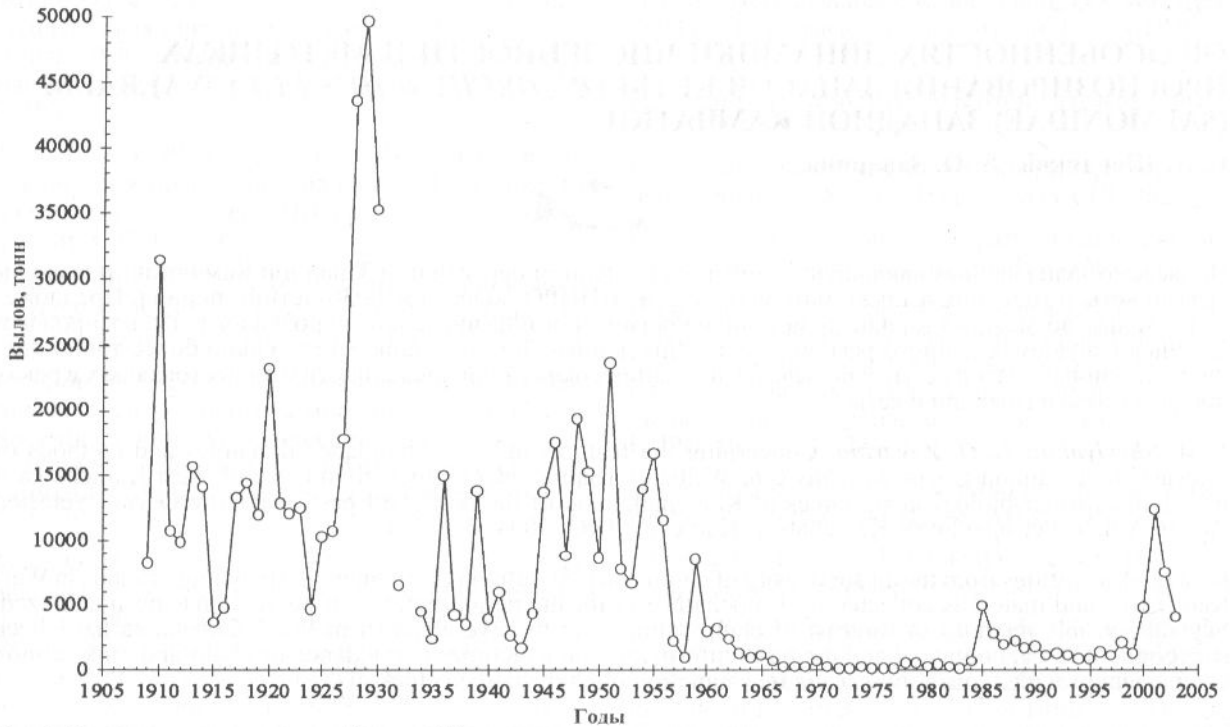


Рис. 1. Динамика вылова кеты на Западной Камчатке

пени отражают естественные колебания запасов рассматриваемого вида по сравнению с таковыми в предшествующие периоды.

В работе использованы результаты авианаблюдений летчиков-наблюдателей КоТИНРО и КамчатНИРО А.Г. Остроумова, К.Ю. Непомнящего и А.В. Маслова за заполнением нерестилищ западного побережья Камчатки производителями кеты и горбуши, а также материалы, собранные за более чем 30-летний период сотрудниками института в многочисленных экспедициях.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Отмечена двухлетняя цикличность колебаний величины поколений кеты (Николаева, 1980; Заварина, 1997; Кловач, 2003). Априори исследователями предполагалось отрицательное воздействие горбуши на формирование величины поколений кеты в результате пищевых взаимодействий этих видов в период океанического нагула и «подавление» кеты более многочисленным конкурирующим видом — горбушей. Также предполагалось, что выявленная периодичность может являться следствием воздействия большого количества прибрежных орудий лова, ориентированных на лов горбуши (в основном — ставных неводов). Это обстоятельство и определяло значительный прилов сопутствующего вида — кеты. Анализ фактических данных свидетельствует о том, что в изменениях величины пропуска горбуши на нерестилища и численности поколений кеты (доживших до половой зрелости) наблюдается хорошо выраженная синхронность (рис. 2).

Колебания численности поколений кеты четко соответствовали колебаниям численности горбуши вплоть до 1983–1984 годов, т. е. до смены у последней доминирующих поколений. После смены доми-

нант у горбуши ее нечетная линия воспроизводства находилась в депрессии, а четная — продолжительный период (до начала 1990-х годов) сохраняла относительно низкий уровень численности. После этого последовало резкое увеличение запасов горбуши четной линии воспроизводства. Сходным образом проявлялись колебания и в динамике численности кеты. Сначала низкий уровень ее численности соответствовал таковому горбуши, затем произошло такое же резкое наращивание запасов. Невольно создается впечатление, что депрессия запасов кеты в 1984–1990 гг. была вызвана сменой доминант и низкой численностью горбуши в указанный период.

Более того, смена доминант горбуши четных и нечетных лет незамедлительно повлекла перестройку динамики численности у кеты. Причем эта смена у горбуши, как у вида с одним возрастом полового созревания, произошла фактически в течение 1–2 лет, в то время как у кеты с ее сложным возрастным составом перестройка заняла более 7 лет (до 1991 г.). После этого у кеты цикличность в урожайности поколений восстановилась. А поскольку кета западного побережья созревает в основном в возрасте четырех и пяти лет (3+ и 4+), то цикличность воспроизводства в уловах нивелируется подходом урожайного поколения, которое определяет численность стад в течение двух смежных лет возврата (рис. 3).

Механизм этой межвидовой связи еще до конца не выяснен и пока в значительной степени предположителен. В условиях олиготрофности большинства камчатских рек и озер значительную роль в повышении продуктивности пресноводных экосистем играют органические соединения, вносимые в виде тел тихоокеанских лососей из моря и поступающие в трофические цепи после разложения трупов производи-

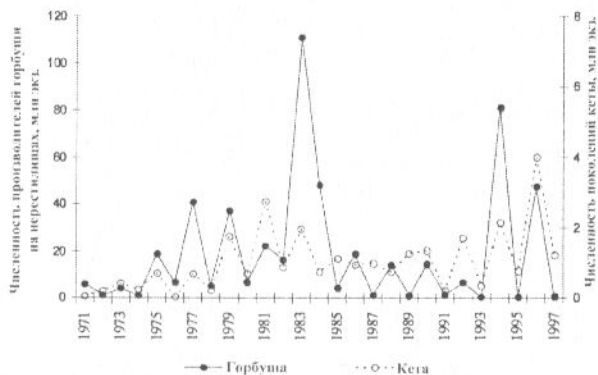


Рис. 2. Пропуск горбуши на нерестилища Западной Камчатки и величина поколений кеты тех же лет нереста



Рис. 3. Соотношение возрастных групп 3+, 4+ и средней массы особей кеты в уловах в р. Большая

телей. В этом отношении сложно переоценить значение горбуши в переносе органического вещества в нерестовые водоемы, что, кстати, исследователи отмечали достаточно давно (Крохин, Крогиус, 1937). При этом было установлено, что концентрация растворенных в воде органических веществ и, соответственно, величина РН имеет достаточно четкую двухлетнюю цикличность.

Численность нерестующей на западном побережье горбуши составляет десятки миллионов особей и, естественно, несоизмеримо выше численности кеты (см. рис. 2). После нереста горбуши доминантной линией на нерестилищах рек побережья остается колоссальное количество погибших производителей (в 1994 г. в весовом эквиваленте они составили более 105 тыс. т), часть снѣнки выносятся в море, остальная масса остается в поймах рек, где в течение года трансформируется в доступную органику и включается в продукционную цепь. Чтобы представить себе количество фосфора, вносимое в реки с трупами производителей, можно привести несложные расчеты. Согласно Кизеветтеру (Кизеветтер, 1971), содержание P_2O_5 в мясе горбуши составляет 0,5%, суммарная биомасса снѣнки в том же 1994 году составила примерно 110 тыс. т, следовательно, в речные экосистемы поступило около 550 т P_2O_5 .

После выхода из нерестовых гнезд личинки горбуши совершают пассивную покатную миграцию в море, скат обычно длится в течение одного месяца, при этом значительная часть покатников может иметь остатки желточного мешка. Скат молоди кеты смещен на более поздние сроки, миграция активно-пассив-

ная, переход на внешнее питание в реке позволяет ей достигать при скате значительных размеров (Карпенко, Николаева, 1989; Заварина, 1993; Карпенко, 1998). В результате хорошей обеспеченности молоди кеты пищей в реке, скат происходит в благоприятных условиях, обеспечивающих хорошее физиологическое состояние, что, вероятно, и позволяет снизить смертность рыб при смолтификации и переходе на питание кормовыми организмами в море. Специалисты МГУ, осуществляющие работы на западном побережье Камчатки в рамках проекта Центра Дикого Лосося, отметили значительное увеличение биомассы наземной растительности, приуроченное к горбушевым нерестилищам (устное сообщение К.В. Кузицина).

В годы же низкой численности производителей горбуши на нерестилищах ее биомасса вполне сопоставима с биомассой кеты (1985, 1987, 1989, 1991), а по мере роста запасов последней может даже значительно ей (биомассе кеты) уступать (1993, 1995, 1997).

Несмотря на вышесказанное, представляется совершенно очевидным, что потенциальная численность поколений кеты изначально закладывается в период нереста и зависит от численности родителей. На графике, характеризующем связь численности родителей и численности потомства, точки располагаются достаточно хаотично, соответственно, невозможно отдать предпочтение какой-либо одной классической модели динамики пополнения, поэтому нами была выбрана модель Риккера (Ricker, 1954) (рис. 4). Данные плохо аппроксимируются этой моделью, а доля объясняемой вариации численности потомства не превышает 10%.

Анализ остатков по функции Риккера, определенных как логарифм расчетной численности по модели и отнесенных к фактической численности, показал существенное влияние суммарной величины вносимой органики (горбуши и кеты) на численность кеты (рис. 5). На данном этапе в анализ не включена информация за период беспорядочных колебаний численности кеты в 1984–1991 гг., вероятно, обусловленных недостатком кормовых ресурсов в реках, и соответственно, высокой смертностью молоди в море (рис. 1). Динамика численности поколений кеты, рассмотренная отдельно для периода 1984–1991 гг., довольно хорошо описывается кривой Риккера ($R^2=0,75$).

Ранее мы уже говорили о том, что само по себе обилие органики не может определять величину по-

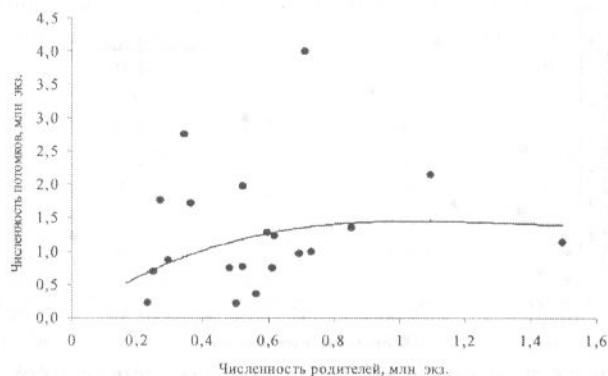


Рис. 4. Зависимость «родители – потомки» у кеты Западной Камчатки, по модели Риккера

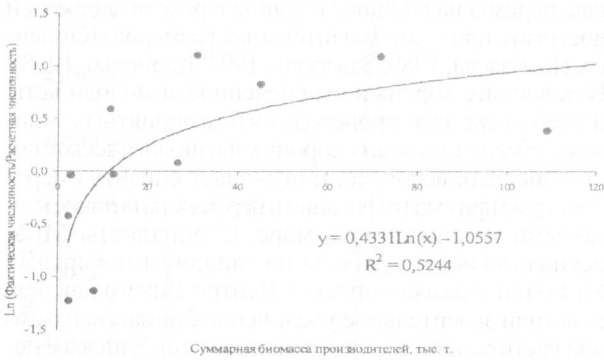


Рис. 5. Распределение остатков модели Риккера в зависимости от биомассы горбуши и кеты на нерестилищах Западной Камчатки

колений кеты, но ее косвенное влияние на динамику численности очевидно. Поэтому при дальнейшем анализе в качестве зависимой величины был использован коэффициент кратности воспроизводства западнокамчатской кеты как интегральный показатель, характеризующий в целом условия воспроизводства и выживания объектов исследований.

Зависимость кратности воспроизводства кеты от общей биомассы органики, вносимой производителями лососей на нерестилищах Западной Камчатки (рис. 6), в достаточной степени выражена и, несомненно, требует дальнейшего детального изучения. Распределение точек в левой части графика хаотично, соответствует малочисленным поколениям горбуши и поколениям кеты с пониженной, как правило, эффективностью воспроизводства. Вследствие этого зависимость, вероятно, не может быть использована при расчетах величины запасов кеты депрессивных поколений (в настоящее время это поколения нечетных лет воспроизводства). Снижение эффективности воспроизводства кеты при максимальных значениях суммарной биомассы производителей на нерестилищах (правая часть графика), по всей видимости, обусловлено очень высокой величиной заходов лососей, в основном горбуши. По нашему мнению, при этом ее производители активно используют весь нерестовый фонд, в том числе сосредоточенный в притоках, что отрицательно сказывается и на воспроизводстве (включая увеличе-

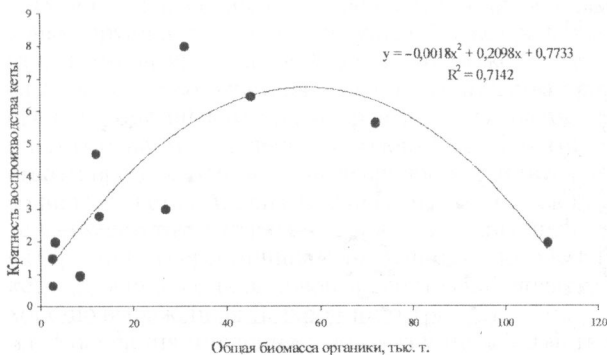


Рис. 6. Зависимость кратности воспроизводства кеты от общей биомассы производителей лососей на нерестилищах Западной Камчатки

ние сроков нереста) самой горбуши. Подобный эффект был отмечен и в более ранних исследованиях. Так, Крохин, Крогиус (1937) указывают, что в четные годы горбуша переполняет все сколько-нибудь пригодные для нереста площади.

Избыток органических веществ в воде предполагает значительный расход кислорода на окислительные процессы, что также может негативно сказываться на кислородном режиме в нерестовых гнездах. Кроме того, в годы обильных заходов горбуши отмечена высокая смертность икры в буграх из-за поражения сапролегнией.

Анализ оправдываемости оценок численности, рассчитанных по трем приведенным выше методикам: модели Риккера; модели Риккера с включением остатков, определенных с учетом биомассы органики; суммарной биомассы органики трупов производителей, — показал (рис. 7), что наименее пригодна для прогноза численности подходов модель Риккера, дающая в большинстве случаев очень значительные «выбросы». Однако эта же модель показывала минимальные отклонения от факта в период низкой численности горбуши, а соответственно и низкой продуктивности речных экосистем. Промежуточную прогностическую ценность имеет модель Риккера с добавлением в нее данных о внесенной органике.

В 55% случаев отклонение расчетного значения от фактического было меньше при использовании зависимости численности поколений от общего количества органического вещества, внесенного в экосистему с трупами производителей. На первый взгляд этот тезис может показаться абсурдным, ведь в таком случае получается, что численность производителей не определяет численность потомства. В действительности же это может свидетельствовать о том, что при наблюдающихся в настоящее время заходах производителей кеты на нерестилища потенциал популяции в полной мере не реализуется.

Таким образом, можно говорить о том, что все приведенные методики определения величины поколений кеты обладают значительной ошибкой и в подобном виде вряд ли могут быть использованы при прогнозировании величины запасов. Использование кривой Риккера является оправданным шагом в период низкой численности горбуши, когда формирование численности определяется механизмами саморегуляции.

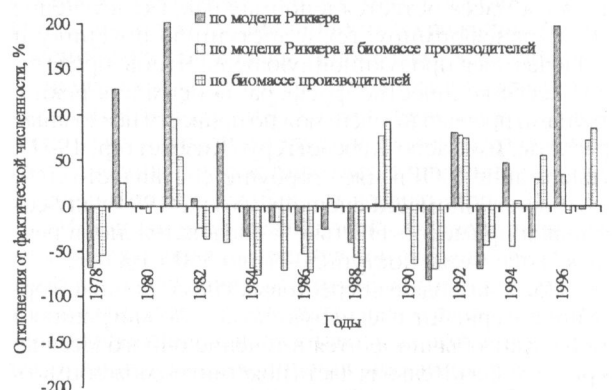


Рис. 7. Отклонения расчетных значений численности поколений кеты от фактических, %

Ошибки могут быть следствием занижения реально-го вылова в результате сокрытия части улова, а также детерминированы принципами, заложенными в сами методики, вследствие чего имеют системный характер. Эти ошибки могут быть частично исправлены (рис. 8, таблица). Отклонения тем не менее остаются достаточно большими. Поэтому при современном уровне браконьерства и отсутствии точных данных о межгодовой динамике развития кормовой базы в реках Западной Камчатки, не представляется возможным повысить точность оценок численности поколений и, соответственно, величины подходов. В данном случае мы можем только сузить диапазон отклонений прогнозируемого вылова от фактического.

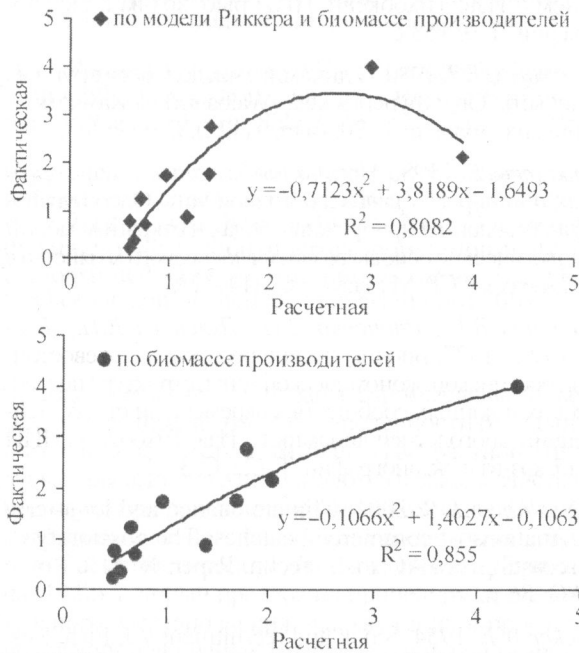


Рис. 8. Отклонения расчетных значений численности поколений западнокамчатской кеты от фактических, оцененные по предложенным методикам

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенный нами механизм формирования численности поколений кеты Западной Камчатки основан на влиянии кормовой базы молоди, определяемой количеством органического вещества, вносимого из моря в реки производителями горбуши и кеты. В результате анализа было установлено, что использование кривой Риккера для прогнозирования запасов возможно в период низкой численности горбуши, когда формирование численности кеты определяется механизмами саморегуляции.

Проведенный анализ также показал, что воспроизводительный потенциал кеты реализуется не полностью и достаточно низкий пропуск производителей на нерестилища (0,25–0,5 млн особей) при условии хорошей обеспеченности кормовыми ресурсами молоди в реке, определяемой высокими заходами производителей горбуши, вполне способен обеспечить высокий уровень воспроизводства и возврата кеты (около 2–4 млн особей).

При пропуске на нерестилища Западной Камчатки более 40–50 млн производителей горбуши эффективность воспроизводства кеты начинает резко снижаться, что связано в первую очередь с явным доминированием горбуши на нерестовых площадях (это приводит к прямому вытеснению с них производителей кеты) и с растянутыми сроками ее нереста. Негативное влияние на развивающуюся икру также могут оказывать процессы, связанные с разложением большого количества трупов производителей в реках, а именно — ухудшение кислородного режима в нерестовых буграх, развитие грибковых культур и др.

Ограничение пропуска горбуши на нерестилища Западной Камчатки до 40–50 млн особей не противоречит принципам рационального природопользования, так как при нересте такого количества производителей были отмечены ее максимальные возвраты. Пропуск кеты при этом желательно обеспечивать на уровне 500–700 тыс. особей.

Таблица. Оценки численности поколений кеты, рассчитанные на основе предложенных методик с учетом корректировок и их ошибки

Год	Фактическая численность поколений	Методика оценки							
		По модели Риккера и биомассе производителей				По биомассе производителей			
		Расчетная численность	Отклонение от фактической численности	Скорректированная численность	Отклонение от фактической численности	Расчетная численность	Отклонение от фактической численности	Скорректированная численность	Отклонение от фактической численности
1978	0,221	0,599	-63,14	0,382	-42,19	0,486	-54,57	0,550	-59,87
1979	1,762	1,400	25,80	2,302	-23,46	1,696	3,88	1,966	-10,39
1980	0,699	0,756	-7,43	0,829	-15,67	0,703	-0,49	0,827	-15,42
1981	2,755	1,410	95,41	2,318	18,81	1,795	53,45	2,068	33,19
1982	0,880	1,181	-25,52	1,867	-52,90	1,399	-37,15	1,648	-46,62
1992	1,714	0,969	76,85	1,383	23,96	0,985	74,03	1,172	46,27
1993	0,360	0,643	-44,08	0,512	-29,72	0,558	-35,53	0,643	-44,07
1994	2,140	3,890	-44,98	2,428	-11,83	2,039	4,98	2,310	-7,36
1995	0,774	0,600	28,97	0,387	100,15	0,499	55,12	0,567	36,49
1996	4,001	2,993	33,65	3,400	17,68	4,392	-8,91	3,998	0,06
1997	1,230	0,720	70,94	0,730	68,56	0,669	83,88	0,784	56,83
среднее			13,32		4,85		12,61		-0,99

В условиях одновременного промысла кеты и горбуши на Западной Камчатке прежде всего следует обеспечивать пропуск последней на нерестилища в количестве не более 50 млн особей. Переполнение ею нерестилищ (в результате остановки промысла, происходящей, как правило, из-за исчерпания лимитов кеты) может привести к более негативным последствиям для воспроизводства кеты, чем некоторый перелов данного вида.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Горяинов А.А., Шатилина Т.А.* 2003. Динамика азиатской горбуши и климатические изменения над Азиатско-Тихоокеанским регионом в XX веке // Биол. моря. Т. 29. Вып. 6. С. 429–435.
- Заварина Л.О.* 1993. Некоторые данные по биологии молоди кеты р. Камчатки. Исследования биологии и динамики численности промысловых рыб Камчатского шельфа // Сб. науч. тр. Камчат. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Вып. 2. С. 67–74.
- Заварина Л.О.* 1997. О состоянии запасов кеты р. Большой // Тез. докл. конф. молодых ученых. «Биомониторинг и рациональное использование гидробионтов» (Владивосток, 27–29 мая 1997). Владивосток: ТИНРО-центр. С. 106–107.
- Иванов О.А.* 1998. Эпипелагическое сообщество рыб и головоногих моллюсков прикурильских вод Тихого океана в 1986–1995 гг. // Изв. Тихоокеан. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Т. 124. С. 3–54.
- Карпенко В.И., Николаева Е.Т.* 1989. Суточный ритм питания и рационы молоди кеты *Oncorhynchus keta* в речной и ранней морской периоды жизни // Вопр. ихтиологии. Т. 29. Вып. 2. С. 318–325.
- Карпенко В.И.* 1998. Ранний морской период жизни тихоокеанских лососей. М.: ВНИРО, 165 с.
- Кизеветтер И.В.* 1971. Технологическая и химическая характеристика промысловых рыб тихоокеанского бассейна. Владивосток: Дальиздат, 298 с.
- Кловач Н.В.* 2003. Экологические последствия крупномасштабного разведения кеты. М.: ВНИРО, 64 с.
- Кляшторин Л.Б.* 2000. Тихоокеанские лососи: климат и динамика запасов // Рыб. хоз-во. № 4. С. 32–34.
- Кляшторин Л.Б., Сидоренков Н.С.* 1996. Долгопериодные изменения климата и динамика стад пелагических рыб в Тихом океане // Изв. Тихоокеан. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Т. 119. С. 33–54.
- Крохин Е.М., Крогиус Ф.В.* 1937. Очерк бассейна р. Большой и нерестилищ лососевых, расположенных в нем // Изв. Тихоокеан. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Т. 9. 158 с.
- Николаева Е.Т.* 1980. О динамике численности крупных стад кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum) на Камчатке // Вопр. ихтиологии. Т. 20. Вып. 3 (122). С. 452–463.
- Николаева Е.Т.* 1983. Промысловое использование крупных группировок дальневосточной кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum) в прибрежных водах и открытом море // Биологические основы развития лососевого хозяйства в водоемах СССР. М.: Наука. С. 114–123.
- Шуитов В.П., Радченко В.И., Дуленова Е.П., Темных О.С.* 1997. Биологические ресурсы дальневосточной российской экономической зоны: структура пелагических и донных сообществ, современный статус, тенденции многолетней динамики // Изв. Тихоокеан. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Т. 122. С. 3–15.
- Klyashtorin L.B.* 2001. Climate change and long-term fluctuations of commercial catches: The possibility of forecasting // FAO Fish. Techn. Paper. № 410. Rome FAO, 86 p.
- Ricker W.E.* 1954. Stock and recruitment // J. Fish. Res. Board Can. V. 11. № 5. P. 559–623.