

УДК 597.553.1

ОЦЕНКА ЧИСЛЕННОСТИ КОРФО-КАРАГИНСКОЙ СЕЛЬДИ *CLUPEA PALLASII* VALENCIENNES (CLUPEIDAE) МЕТОДАМИ КОГОРТНОГО АНАЛИЗА

А. О. Золотов



На основании оценок численности корфо-карагинской популяции тихоокеанской сельди методами прямого учета (икорных съемок) и промысловой статистики в период 1985–2002 гг. произведено уточнение коэффициентов естественной смертности для возрастных групп, слагающих основу промыслового запаса. Полученные данные использованы для ретроспективного описания динамики запаса методом виртуально-популяционного анализа (ВПА). Показана принципиальная пригодность когортных методов для решения прогностических задач в отношении корфо-карагинской сельди. Произведена оценка возможного состояния популяции на период до 2007 г.

A. O. Zolotov. Estimation of Korf-Karaginsky herring *Clupea pallasii* Valenciennes (Clupeidae) stock abundance with methods of cohort analysis // Research of water biological resources of Kamchatka and of the northwest part of Pacific Ocean: Selected Papers. Vol. 7. Petropavlovsk-Kamchatski: KamchatNIRO. 2004. P. 187–195.

Coefficients of natural mortality in principal age groups for Korf-Karaginsky herring exploitable stock have been defined more exactly on the basis of stock abundance estimation made using direct methods (egg survey) and fishery statistics for the period 1985–2002. Obtained data have been used for retrospective description of population dynamics with method of virtual-population analysis (VPA). Principal acceptability of cohort methods has been demonstrated for prognostic purposes concerning Korf-Karaginsky herring stock. Population condition forecast has been accomplished for the period until 2007.

Методы оценки величины запаса промысловых объектов, основанные на расчетах численности отдельных поколений по результатам анализа возрастной структуры уловов, широко используются в рыбохозяйственной науке при решении практических задач. Основоположником данного подхода, первоначально названного биостатистическим, принято считать Джарвина (1922), который предложил процедуру последовательного восстановления участвующих в промысле поколений для оценки запасов каспийской севрюги. Впоследствии, с учетом так называемого «уравнения улова» Баранова (1918) и закона экспоненциальной убыли рыб отдельного поколения, биостатистический подход послужил основой для целой группы «когортных» методов расчета численности эксплуатируемых промыслом генераций в направлении от старших возрастов к младшим. Наибольшее распространение среди них получил «анализ виртуальной популяции» (ВПА) Галланда (Gulland, 1965).

Корфо-карагинская популяция тихоокеанской сельди является одной из крупнейших в дальневосточных морях (Науменко, 2001). Оценка ее численности традиционно производится специалистами КамчатНИРО методами прямого учета количества отложенной икры, для чего ежегодно выполняются весенние наблюдения в местах размножения сельди и осенние исследования в период промысла в районах нагула. Модельные расчеты для определения величины запаса и решения прогностических задач относительно данной популяции практически не используются.

Вместе с тем когортные методы оценки запаса имеют ряд преимуществ перед прямыми наблюдениями (Бабаян, 2000). Прежде всего, они существенно менее затратны и требуют лишь надежных биостатистических данных и промысловой статистики. В современных условиях, особенно для корфо-карагинской

популяции сельди, возможна ситуация, когда информация, получаемая последним способом, окажется единственно доступной. В этом случае необходимо иметь относительно надежный инструмент для оценки и прогнозирования численности и биомассы данного стада. Поэтому главной целью настоящего исследования было, на основе статистики уловов корфо-карагинской сельди по возрастам и годам промысла, в сопоставлении с данными, полученными в ходе икорных съемок, выяснение возможности применения ВПА для решения задач оценки численности и прогнозирования динамики запаса указанной популяции.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материалом для исследований послужили данные сборов и наблюдений, проводившихся сотрудниками КамчатНИРО в 1985–2002 гг., — весной в Карагинском заливе в период нерестовых подходов сельди и осенью в местах ее нагула на судах, работавших по научным программам. Объем использованных в работе материалов представлен в табл. 1.

Для сравнительного анализа использовали данные о величине промыслового и нерестового запасов, а также об уловах сельди по возрастам и годам промысла, в последние годы — с учетом выбросов (Золотов, 2003), в период осенней путины.

Методика оценки численности родителей и рыб, составляющих промысловую часть популяции, базируется на авиаучетных и береговых работах по определению площадей нерестилищ, плотности кладки икры и качественного состава производителей, выполняемых весной в период нереста, а также осенних данных о половом составе репродуктивной части стада и темпе полового созревания поколений. Данная методика неоднократно публиковалась ранее (Качина, 1981; Науменко, 2001). Отметим лишь, что

Таблица 1. Объем материала (экз. рыб), использованного при оценке запаса корфо-карагинской сельди методом ВПА и по данным икорных съемок

Год наблюдений	Весна		Осень	
	МП*	ПБА	МП	ПБА
1985	2338	584	602	602
1986	2359	791	1321	1321
1987	2367	795	718	718
1988	3512	717	550	550
1989	2246	500	636	300
1990	522	200	2402	500
1991	715	296	5291	500
1992	3333	800	—	—
1993	1508	600	5880	700
1994	—	—	28867	1530
1995	2269	700	4755	600
1996	1183	500	19614	1003
1997	3401	244	102564	3137
1998	1060	765	42190	1000
1999	3743	1056	46089	1750
2000	1058	180	11537	1310
2001	1300	339	59019	3225
2002	2717	554	80541	3810

* МП — массовый промер, ПБА — полный биологический анализ

численность производителей по годовым классам определялась нами на основании возрастного состава уловов сельди, полученного в ходе предшествующей нересту осенней путины. Эти данные впоследствии использовались в качестве исходных «точных» значений.

Необходимая (минимальная) информация при описании динамики запаса популяции методом ВПА включает вылов за год в единицах численности по возрастам и годам промысла — $C_{a,y}$ (где a — индекс возраста, y — индекс года) и мгновенный коэффициент естественной смертности — M . Последний обычно либо полагают постоянным, не зависящим от возраста, либо определяют некоторой функцией возраста, неизменной при различных режимах промысла за весь период наблюдений. Для корфо-карагинской сельди, в частности, традиционно используют «теоретические» коэффициенты — M , рассчитанные методом Тюринна (Науменко, неопубликованные данные; Максименко, Антонов, 2002). Именно они были выбраны нами в качестве стартовых значений при предварительных ретроспективных оценках запаса (табл. 2, см. 2**).

Кроме того, для расчетов по ВПА необходимо дополнительно задать мгновенные коэффициенты промысловой смертности — F — в самой старшей возрастной группе за весь период наблюдений и для всех возрастных групп в терминальном (последнем) году промысла.

Неизвестными параметрами считаются коэффициенты промысловой смертности — $F_{a,y}$ в годы, от-

Таблица 2. Теоретические значения мгновенных коэффициентов естественной смертности (M), рассчитанные методом Тюринна, использованные в работе при предварительных расчетах, и их откорректированные значения

Возраст	4+	5+	6+	7+	8+	9+	10+	11+	12+	13+	14+	15+
1*	0,32	0,23	0,23	0,25	0,29	0,35	0,45	0,58	0,77	1,25	1,88	2,58
2**	0,30	0,20	0,22	0,25	0,32	0,42	0,57	0,78	1,11	1,72	—	—
3***	0,39	0,27	0,18	0,13	0,12	0,15	0,21	0,32	0,46	0,64	0,86	1,12

* — неопубликованные данные Науменко; ** — данные по: Максименко, Антонов (2002); *** — расчетные значения M по уравнению (5)

личные от терминального, а также численность рыб всех возрастных групп за период наблюдений.

Расчеты по ВПА выполнялись с помощью программного пакета «VPA version 3.2» лоуостфетской лаборатории (Darby, 1994), которая используется в рабочих группах ИКЕС (ICES) в качестве одного из основных инструментов для оценки запасов промысловых рыб, программный продукт был любезно передан КамчатНИРО организаторами отраслевого семинара в 2001 г. в п. Рыбное (ВНИИПРХ) (Когортные методы ..., 2001).

На определенном этапе работ возникла необходимость уточнения используемых в расчетах запаса корфо-карагинской сельди теоретических коэффициентов естественной смертности — M . Данная задача была решена следующим образом: предполагая, что оценки численности поколений — N_i по икорным съемкам являются точными, можем определить общую выживаемость — S_i каждого из них в любой год наблюдений — i :

$$S_i = \frac{N_i}{N_{i-1}};$$

и общую смертность — A_i

$$A_i = 1 - S_i \quad (1)$$

(здесь и далее используются обозначения, принятые у Рикера (1979)).

С другой стороны, предполагается экспоненциальный закон убыли числа особей поколения в течение года:

$$\frac{N_i}{N_{i-1}} = e^{-Z} \quad (2)$$

Тогда мгновенный коэффициент общей смертности Z может быть определен из соотношений (2) и (3):

$$Z = -\ln(1 - A)$$

По определению, общая смертность может быть выражена:

$$A = m + n - m \times n,$$

где n — условный коэффициент естественной смертности:

$$n = 1 - e^{-M};$$

а m — условный коэффициент промысловой смертности:

$$m = 1 - e^{-F} = u \quad (3).$$

Коэффициент эксплуатации u — доля общей численности поколения, выловленная в ходе путины — может быть определен по известным данным о количестве особей в начале года и улове:

$$u = \frac{C_i}{N_i} \quad (4)$$

Подставляя выражение (8) в (7), после простых преобразований имеем:

$$F = -\ln(1 - m) = -\ln\left(1 - \frac{C_i}{N_i}\right).$$

Поскольку $Z = F + M$, мы можем рассчитать неизвестный мгновенный коэффициент естественной смертности:

$$M = Z - F,$$

где Z и F определяются согласно приведенным выше соотношениям (4) и (9).

Вся обработка данных и расчеты производились на ПК. Помимо упомянутых выше пакетов программ «VPA version 3.2» и EXCEL, в работе использовалась программа STATISTICA.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На начальном этапе исследований был выполнен первичный ретроспективный анализ динамики численности корфо-карагинской сельди в 1985–2002 гг. традиционным методом ВПА. Результаты исследований показали, что при заданных условиях когортные методы, при любых стартовых значениях промысловой смертности, не отражают реальных тенденций в изменениях запаса и не дают адекватных оценок количества особей в популяции. Напротив, начиная с терминального года промысла (2002) по направлению к 1985 г., оценки запаса неограниченно возрастают. Пример подобного восстановления численности нерестовой части стада представлен на рис. 1.

Впрочем, нельзя утверждать, что данный результат был неожиданным. Как неоднократно отмечалось предыдущими исследователями (Методические рекомендации ..., 1984; Бабаян, 2000), приемлемые результаты оценок по ВПА могут быть получены только в том случае, когда главной причиной убыли рыб в году является промысел. Иными словами, когда рассматривается интенсивно облавливаемая популяция, иначе требования к используемым в расчетах коэффициентам естественной смертности резко возрастают.

В ряду наблюдений в 1985–2002 гг. лишь в последние три года интенсивность промысла была до-

статочно высокой, в остальные же общий годовой коэффициент эксплуатации не превышал 14%, а зачастую был значительно ниже. Очевидно, что убыль от промысла не являлась в эти годы основной причиной смертности корфо-карагинской сельди. Поэтому, на основании полученных результатов, мы предположили, что теоретические, рассчитанные методом Тюрина, значения мгновенных коэффициентов смертности M для корфо-карагинской сельди оказались выше таковых для реальной, эксплуатируемой промыслом популяции. Очевидно, что при последовательном пересчете численностей поколений от старшей возрастной группы (14+) к младшей (4+) завышенные значения M приводят к значительному росту численности особей по направлению к младшим возрастам и существенной переоценке суммарной величины запаса, что и показали результаты предварительных ретроспективных расчетов.

Данные современных теоретических и практических исследований (Качина, 1984; Борисов, 1988а, б) свидетельствуют, что одновременное воздействие промыслового и естественного фактора убыли приводит к взаимному снижению влияния (доли) одного по мере увеличения другого. В этой связи очевидно ожидать в эксплуатируемой популяции корректировки значений M в сторону уменьшения, относительно теоретических, определенных по методике Тюрина, по-видимому, в большей степени соответствующих необлавливаемой «девственной» популяции.

Таким образом, весь ряд наблюдений с 1985 по 2002 годы был разделен нами на три периода, в которые уровень эксплуатации корфо-карагинской популяции был различен.

В 1985–1991 гг. действовал щадящий режим промысла, в этот момент рекомендуемая нагрузка на популяцию не превышала 14% от промыслового запаса, а фактический средний коэффициент эксплуатации составлял 10,5%.

Второй период объединяет 1992–1998 гг., когда промысловое воздействие на популяцию было край-

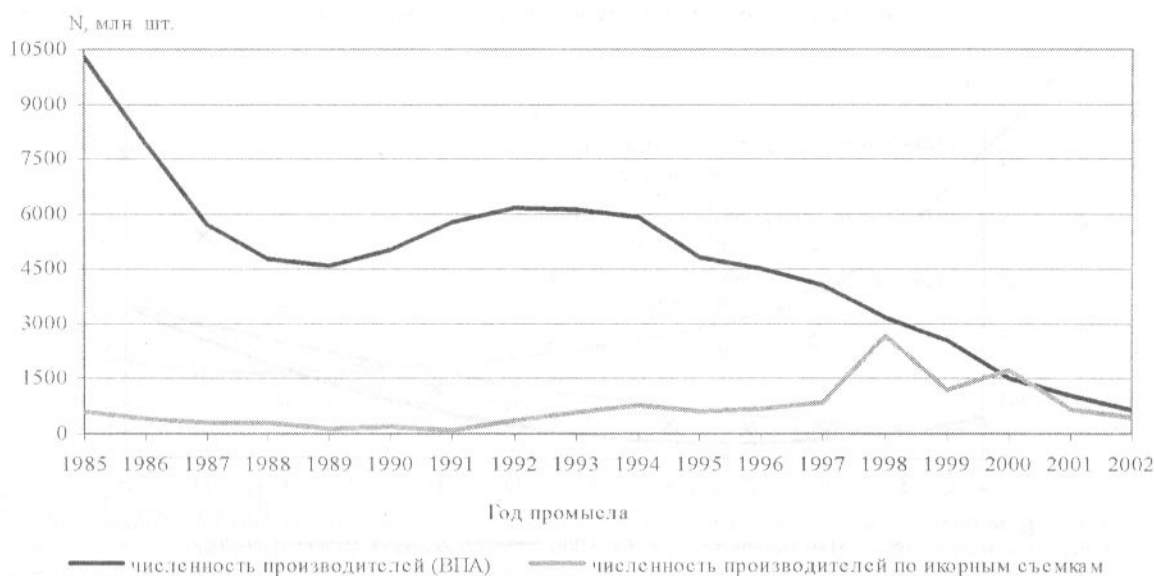


Рис. 1. Результаты предварительной ретроспективной оценки численности нерестового запаса корфо-карагинской сельди в 1985–2002 гг. методом ВПА в сопоставлении с данными, полученными по икорным съемкам

не ограничено. В начале (1992–1993 гг.), при низком уровне запаса, действовал режим контрольного лова; в 1997–1998 гг., при значительно возросшей численности стада, рекомендуемые к вылову объемы допустимого улова были существенно занижены. Среднее значение коэффициента эксплуатации в данные годы составило 3,6%.

Наконец, в последние несколько лет, при рекомендуемой нагрузке на популяцию 23,4%, фактическая доля изъятия варьировала в пределах 12,9% (2000 г.) – 30,5% (2002 г.) и в среднем составила 20,1%.

Для каждого из указанных периодов, во всех возрастных классах, составляющих основу промыслового запаса (4+–15+), были рассчитаны мгновенные коэффициенты естественной смертности. Результаты исследований представлены нами на рис. 2А. Для некоторых возрастных классов получены значения, противоречащие биологическому смыслу (являлись отрицательными), поэтому они были исключены нами из анализа.

Как и следовало ожидать, значения мгновенных коэффициентов естественной смертности, определенные для эксплуатируемой промыслом корфо-кара-

гинской популяции, оказались ниже таковых, рассчитанных по методике Тюрина. В меньшей степени это относится к периоду интенсивного промысла (1999–2002 гг.), для которого в отдельных возрастных группах получены значения, превышающие теоретические. Возможно, указанное обстоятельство объясняется ошибками определения величины запаса по нерестовым съемкам либо коротким рядом лет наблюдений, однако, на наш взгляд, наиболее вероятно иное объяснение.

По всей видимости, в годы интенсивного промысла занижение фактического вылова корфо-карагинской сельди, даже с учетом выбросов (Золотов, 2003а), особенно ярко выражено. Таким образом, при известных по данным икорных съемок численностях поколений и официальной промысловой статистике, пересчет мгновенных коэффициентов естественной смертности по соотношениям (2)–(4) неизбежно приведет к завышенным результатам, которые будут наиболее ярко выражены в доминирующих возрастных группах.

Тем не менее на наш взгляд, указанное обстоятельство не оказывает существенного влияния на

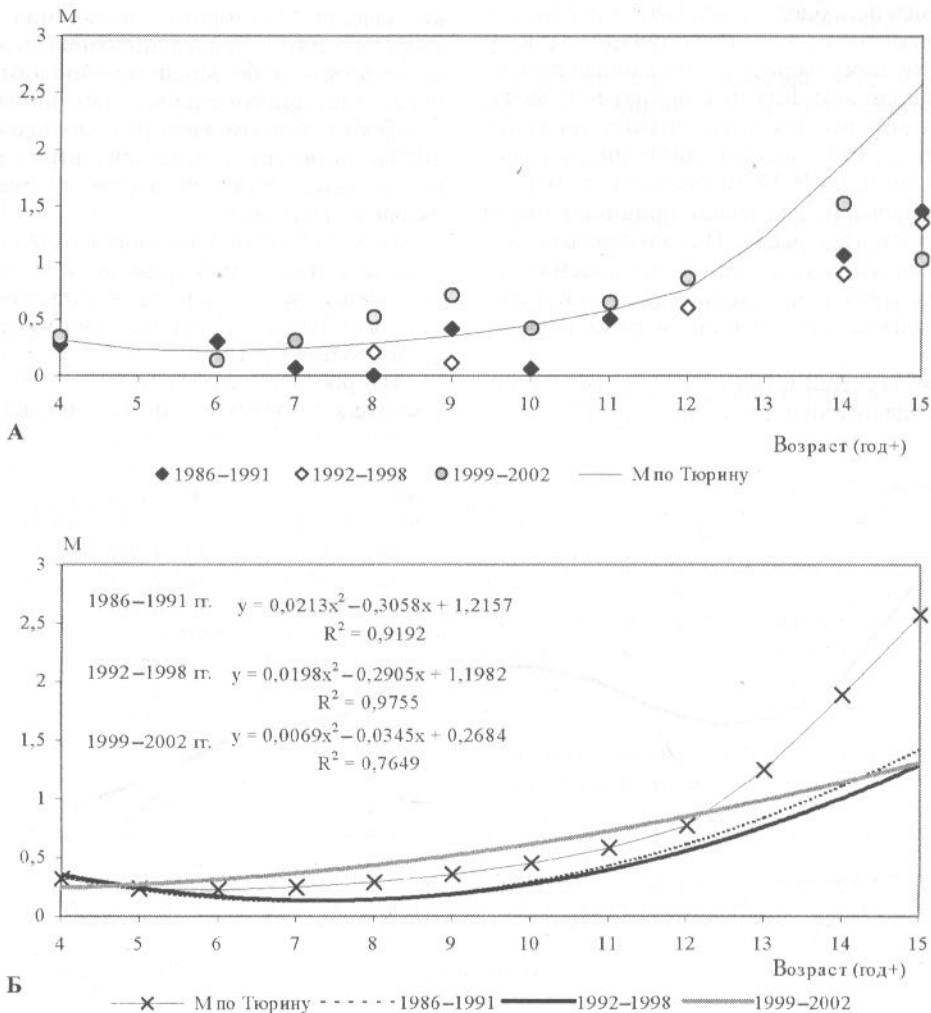


Рис. 2. Расчетные значения мгновенных коэффициентов естественной смертности М при различных режимах эксплуатации корфо-карагинской популяции в сравнении с теоретическими, рассчитанными по методу Тюрина (А), и соответствующие этим значениям параболические тренды, построенные в программе EXCEL (Б)

общий вывод: промысловое воздействие на корфо-карагинскую популяцию снижает смертность, обусловленную естественными причинами, поскольку в число выловленных попадают также и особи, погибающие от болезней, и потенциальные жертвы хищников и, что особенно важно, рыбы возрастов, близких к предельному, которые в течение года умерли бы от старости.

Последний фактор, очевидно, наиболее значим, поскольку уменьшение расчетных значений M относительно теоретических в наибольшей степени проявляется в старших возрастных группах 10+–15+.

На рис. 2Б приведены параболические зависимости, построенные по расчетным значениям коэффициентов естественной смертности в программе EXCEL; как можно видеть, коэффициенты аппроксимации достаточно высоки. Примечателен тот факт, что для двух первых периодов различного уровня промысловой нагрузки тренды практически совпадают.

Аналогичным способом были рассчитаны средние значения мгновенных коэффициентов естественной смертности для всего ряда лет наблюдений (рис. 3). Осреднение проведено, чтобы по возможности снизить влияние ошибок официальной промысловой статистики последних нескольких лет.

На основании полученных данных по МНК был подобран полином 2-й степени, наилучшим образом отражающий зависимость естественной смертности корфо-карагинской сельди от возраста в условиях промыслового воздействия.

Полученное выражение:

$$y = 0,01912 \times x^2 - 0,2976 \times x + 1,27869 \quad (5),$$

где y в данном случае — мгновенный коэффициент естественной смертности, x — возраст, и было использовано нами для вычисления значений M в облавливаемой популяции, ещё раз подчеркнём, что данное представление естественной убыли имеет

смысл только для возрастных групп представленных в промысловом запасе. (табл. 2). Полученные данные впоследствии были применены при расчете матриц промысловой смертности и численности поколений методом ВПА.

Как показал повторно проведенный ретроспективный анализ (рис. 4), наши предположения о том, что теоретические значения мгновенных коэффициентов естественной смертности являются завышенными для облавливаемой популяции и служат источником неограниченного увеличения количества особей поколений при последовательном пересчете от старших возрастов к младшим, оказались верными. Результаты расчетов численности корфо-карагинской сельди по ВПА достаточно точно отражают динамику запаса популяции и в целом дают верный порядок его величин в межгодовом аспекте.

Перед тем, как перейти к анализу результатов ВПА, несколько подробнее остановимся на порядке выбора стартовых значений мгновенных коэффициентов промысловой смертности. Данный момент является весьма важным в исследовании, поскольку, с одной стороны, свобода в выборе F позволяет получить весьма широкий спектр оценок численности генераций и запаса в целом, и обоснование предпочтения того или иного начального значения промысловой смертности необходимо (Методические рекомендации ..., 1984; Бабаян, 2000).

Наиболее простой способ выбора стартовых значений мгновенных коэффициентов промысловой смертности в терминальном (2002) году заключался в следующем: по имеющимся оценкам численности генераций по нерестовой весенней съёмке в мае 2002 г. и итоговому вылову в ходе осенней путины были определены коэффициенты эксплуатации и каждой генерации в запасе; на основании полученных данных и соотношения (9) найдены искомые значения F , которые использовались в анализе.

Если аналогичным способом определить коэффициенты эксплуатации и значения F по всем годовым

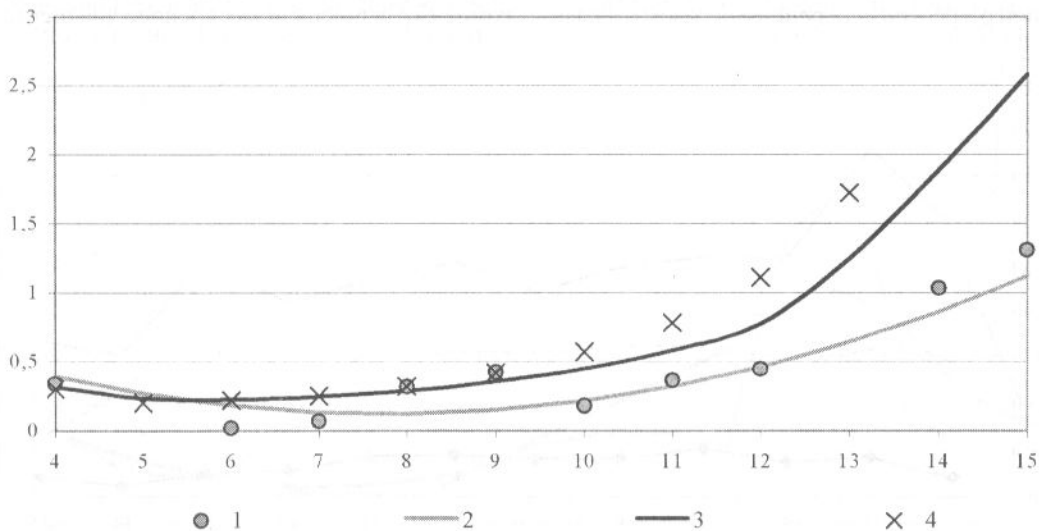


Рис. 3. Мгновенные значения коэффициентов естественной смертности для эксплуатируемой промыслом корфо-карагинской популяции сельди, осредненные за период 1985–2002 гг. (1), и соответствующие этим значениям параболические зависимости, подобранные по МНК (2), в сравнении с теоретическими, рассчитанными по неопубликованным данным Н.И. Науменко (3); по: Максименко, Антонову, 2002 (4)

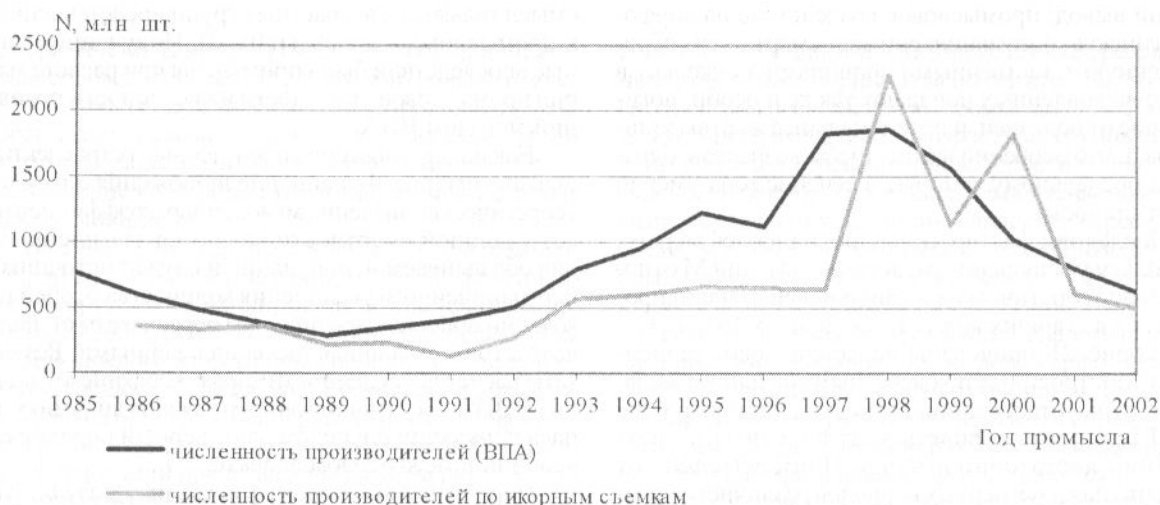


Рис. 4. Результаты оценки численности нерестового запаса корфо-карагинской сельди в 1985–2002 гг. методом ВПА в сопоставлении с данными, полученными по икорным сѐмкам

классам и годам наблюдений, то можно оценить характер распределения промысловой смертности корфо-карагинской сельди в зависимости от возраста и степени эксплуатации популяции (рис. 5). Как можно видеть, основная промысловая нагрузка ложится на 5–11-летних рыб, и постепенно к старшим возрастам ее уровень снижается. Убыль от промысла в самой младшей возрастной группе в промысловом запасе (4+) также несколько меньше максимальной, что связано, по-видимому, с особенностями осеннего распределения сельди данного возраста по району промысла.

Указанная закономерность в целом сохраняется при различных уровнях нагрузки на популяцию, различаются лишь абсолютные значения промысловой убыли. Данное обстоятельство позволяет предполагать наличие простых зависимостей между общим годовым коэффициентом эксплуатации и смертностью от промысла по возрастным группам. Поэтому для каждого годового класса нами было рассчитано уравнение линейной регрессии, наилучшим образом отража-

ющее предполагаемую зависимость. Основные параметры данных соотношений приведены в табл. 3.

Рассчитанные коэффициенты корреляции и степени достоверности оказались достаточно высоки, что позволяет использовать полученные уравнения как при прогнозировании, так и в целях определения стартовых значений F при ретроспективном анализе (если известны коэффициенты эксплуатации).

На практике зачастую в старшей возрастной группе F вычисляют как среднее значение коэффициентов нескольких предшествующих годовых классов, что также обеспечивает неплохие результаты.

В данной работе, с целью исключения ошибок регрессионного анализа, оба указанных метода были объединены. Сначала, согласно указанным соотношениям (табл. 3), определяли начальные значения мгновенных коэффициентов промысловой смертности в старшей группе (14+) — F_{14} , затем выполняли предварительный прогон ВПА и рассчитывали общую матрицу промысловых смертностей. Далее искомое F_{14} вычисляли как среднее для шести преды-

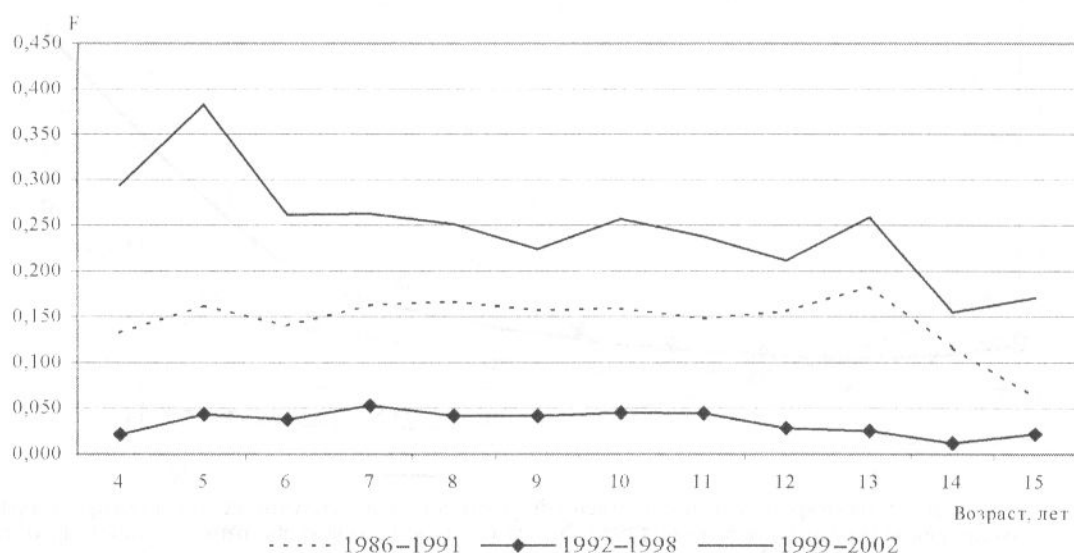


Рис. 5. Зависимость мгновенных коэффициентов промысловой смертности от возраста при различных режимах эксплуатации корфо-карагинской популяции

Таблица 3. Параметры уравнений линейной регрессии мгновенных коэффициентов промысловой смертности в зависимости от степени эксплуатации популяции и коэффициенты корреляции (уровень достоверности во всех случаях $p < 0,001$)

Возраст	<i>a</i>	<i>b</i>	R
4+	0,42	0,02	0,62
5+	1,44	-0,01	0,78
6+	1,60	-0,04	0,93
7+	1,43	-0,03	0,94
8+	1,29	-0,01	0,96
9+	1,10	-0,01	0,90
10+	1,17	-0,003	0,93
11+	1,09	-0,01	0,93
12+	0,91	0,001	0,90
13+	0,92	0,01	0,90
14+	0,70	-0,01	0,90

душих возрастных классов и вновь выполняли ВПА. После 4–5 прогонов оценки мгновенных коэффициентов промысловой смертности в старшей группе сходятся к определенному значению и практически не меняются, они и использованы нами в качестве стартовых. Необходимо отметить, что в данном случае результаты ВПА были наиболее близки к оценкам, полученным по икорным съёмкам.

Переходя к анализу результатов оценки численности нерестового запаса по ВПА, следует признать, что итоговые расчетные значения, по-видимому, объективно отражают изменения, происходившие в популяции. Во всяком случае тенденции в динамике запаса, выявленные ранее методом икорных съёмки, совпадают с таковыми, полученными по результатам модельных расчетов (рис. 4).

Начиная с середины 1980-х годов, наблюдается постепенное снижение численности производителей корфо-карагинской сельди. Сокращение нерестового запаса продлилось до середины 1990-х годов, после чего, за счет созревания рыб поколения 1993 г., количество родителей, согласно расчетам ВПА, возросло более чем в два раза, а по результатам икорных съёмки увеличилось почти вчетверо. Наконец, после 1999 г. под влиянием промысла и естественной

убыли численность половозрелых особей в популяции неуклонно сокращается.

Конечно, имеют место и расхождения, в частности, скачкообразный рост нерестового запаса, отмечаемый по данным икорных съёмки в 1998 г. и обусловленный массовым созреванием пятигодовиков, на графике, построенном по результатам ВПА, выглядит «размазанным» на несколько предшествующих лет. Однако наивно было бы ожидать, что результаты модельных экспериментов в точности будут соответствовать реальным изменениям запаса популяции со столь флюктуирующим пополнением.

Что же касается различий в оценках величины нерестового запаса методами икорных съёмки и виртуально-популяционного анализа, то они минимальны в годы, когда нагрузка на популяцию была невысокой (1985–1994 гг.). Существенные расхождения в 1995–1997 гг., по-видимому, с одной стороны, обусловлены резким увеличением реальной величины запаса в 1998 г. и невысоким уровнем эксплуатации.

Коэффициент корреляции между полученными по модельным расчетам численностями нерестового запаса и оценками по данным икорных съёмки (с учетом осенних материалов) оказался достаточно высок — 0,72 ($p < 0,001$), что, на наш взгляд, лишний раз свидетельствует в пользу применимости когортных методов для описания динамики нерестового запаса и оценки численности родительского стада корфо-карагинской сельди.

Так же, как и в случае оценки величины родительского стада корфо-карагинской сельди, при модельных исследованиях динамики промыслового запаса итоговые выводы оказались сходными (рис. 6).

Таким образом, результаты расчетов по ВПА достаточно адекватно отражают тенденции изменений в популяции и на основании одних лишь данных осенних наблюдений позволяют удовлетворительно определять численность особей в промысловом запасе. Коэффициент корреляции между модельными и прямыми оценками оказался на том же уровне, что и при расчетах величин нерестового запаса — 0,71 ($p < 0,001$), что подтверждает главный вывод прове-

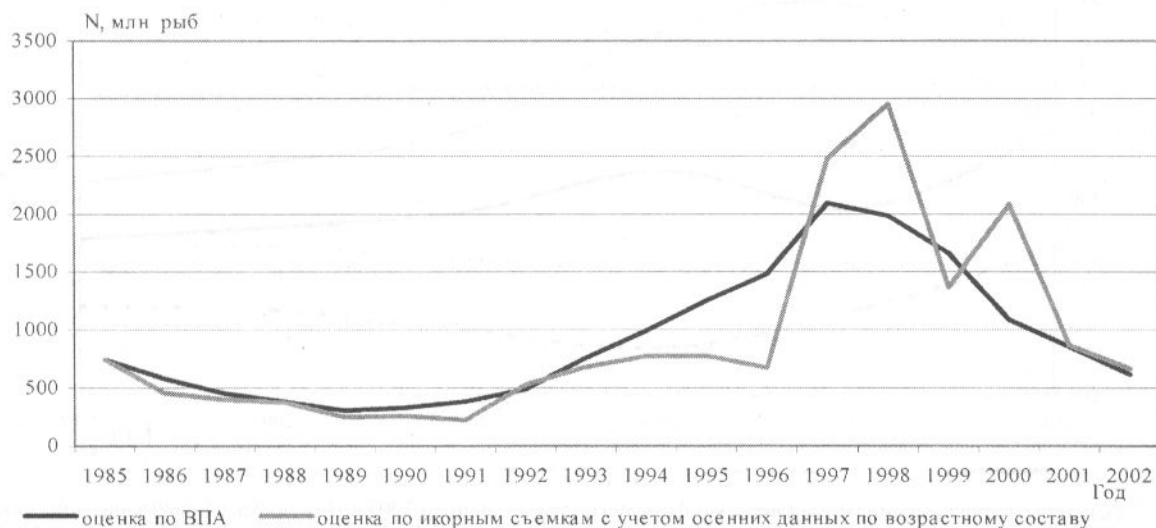


Рис. 6. Результаты оценки численности промыслового запаса корфо-карагинской сельди в сопоставлении с данными, полученными по икорным съёмкам с учетом осеннего возрастного состава производителей

денных исследований — о принципиальной применимости когортных методов в прогностических целях и для ретроспективных оценок динамики запаса корфо-карагинской популяции сельди.

В заключение приведем результаты прогноза возможного состояния исследуемой популяции на ближайшие годы на основе когортных методов.

Вначале коротко остановимся на схеме расчетов. В первую очередь, при прогнозировании величины промыслового изъятия в 2003–2007 гг. был определен общий годовой коэффициент эксплуатации популяции. Для 2003–2004 гг. данная часть расчетов была произведена с учетом возможных выбросов, согласно предложенной ранее методике (Золотов, 2003б), поскольку прогноз режима эксплуатации в указанные годы (23,3 и 14%, соответственно) был представлен без учета селективного использования уловов.

Согласно расчетам, численность производителей корфо-карагинской сельди продолжает снижаться и в настоящее время находится на уровне существенно ниже оптимального. Поэтому предполагается, что в 2005–2007 гг. будет введен режим контрольного лова, и годовой вылов не превысит 3% от промыслового запаса (с учетом выбросов).

Используя определенные таким образом коэффициенты эксплуатации, мы вычислили значения мгновенных коэффициентов промысловой смертности по возрастным группам в каждом году. Кроме того, при расчетах использовали откорректированные коэффициенты естественной смертности рыб (табл. 3).

На основании полученных значений, согласно предполагаемому закону экспоненциальной убыли, пересчитывали численность поколений корфо-карагинской сельди в прогнозные годы.

Значительную долю неопределенности при прогнозировании динамики запаса тихоокеанских сельдей вносит оценка величины пополнения. В официальных прогнозах КамчатНИРО в 2003 г. указанная величина заложена на уровне среднееголетнего значения для неурожайных поколений — 155 млн особей; численность рыб, вступающих в промысловый запас в

2004 г. — 300 млн — определена по данным сегеоточной съемки 2000 г., проведенной на РТМС «Багратион». Эти данные легли в основу «пессимистичного» варианта прогноза состояния запасов корфо-карагинской сельди на ближайшее пятилетие (табл. 4).

Автором настоящего исследования была предложена методика определения величины пополнения промысловой части стада корфо-карагинской сельди на основе данных о плотности популяции и фоновых наблюдений (Золотов, 2004). Поскольку оценки пополнения в 2003–2004 гг., приведенные в вышеуказанной работе, оказались несколько выше использованных в официальных прогнозах — на уровне 453 и 350 млн рыб, соответственно, то эти данные послужили основой для «оптимистичного» сценария динамики численности исследуемой популяции. В 2005–2007 гг. для обоих сценариев величины пополнения были определены согласно методике, изложенной в указанной работе.

Результаты расчетов свидетельствуют, что даже при «оптимистичном» варианте прогноза пополнения численность корфо-карагинской сельди в ближайшее пятилетие будет находиться на низком уровне (рис. 7). Величина промыслового запаса к 2007 г. постепенно снизится и, вероятно, будет находиться на уровне 450–500 млн рыб.

Количество производителей, соответственно, будет еще меньше, уровень нерестового запаса составит примерно половину от оптимальной величины и, по самым благоприятным оценкам, к 2007 г. не превысит 420 млн особей, а по пессимистическим — будет не более 340 млн.

Таблица 4. Величины пополнения корфо-карагинской сельди (млн особей в возрасте 4+), принятые в прогнозе на 2003–2007 гг. согласно различным сценариям (пояснения см. в тексте)

Сценарий динамики запаса	2003	2004	2005	2006	2007
«Оптимистический»	459	350	148	104	92
«Пессимистический»	155	300	148	104	92

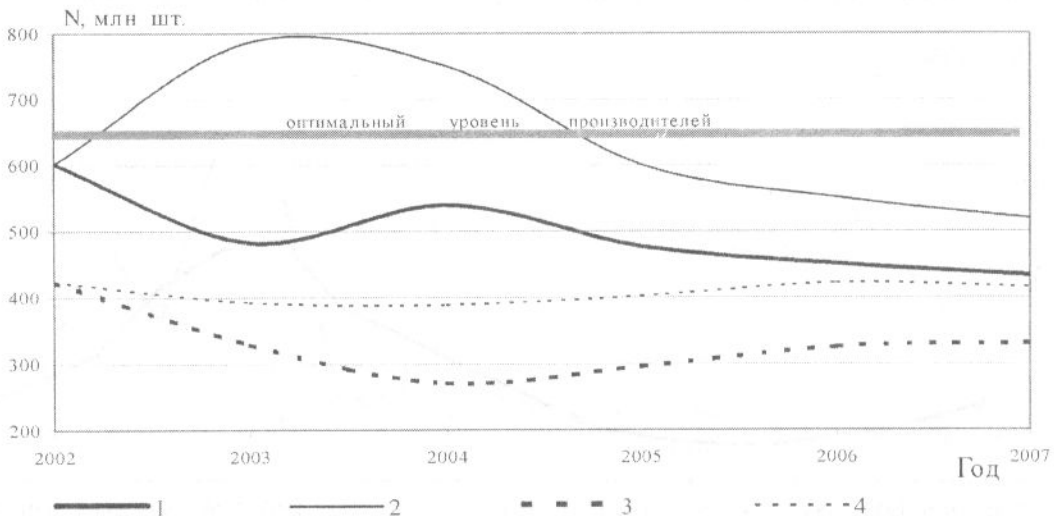


Рис. 7. Результаты прогноза динамики запаса корфо-карагинской сельди до 2007 г.: 1 — промысловый запас, «пессимистичный» сценарий; 2 — то же, «оптимистичный» сценарий; 3 — нерестовый запас, «пессимистичный сценарий»; 4 — то же, «оптимистичный» сценарий

На основании приведенных данных следует, по-видимому, рекомендовать ограничить промысловое изъятие сельди корфо-карагинской популяции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бабаян В.К.* 2000. Предосторожный подход к оценке общего допустимого улова (ОДУ). Анализ и рекомендации по применению // М.: Всерос. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии, 192 с.
- Баранов Ф.И.* 1918. К вопросу о биологических обоснованиях рыбного хозяйства // Изв. отдела рыб. водоводства и научно-промысл. исслед. Т. 1. Вып. 1. С. 84–128.
- Борисов В.М.* 1988а. Анализ взаимовлияния естественной и промысловой смертности рыб // Вопр. ихтиологии. Т. 28. Вып. 4. С. 604–617.
- Борисов В.М.* 1988б. Ретроспективная оценка численности промысловых рыб на основе условных и действительных коэффициентов смертности // Вопр. ихтиологии. Т. 28. Вып. 6. С. 915–925.
- Державин А.Н.* 1922. Севрюга (*Acipenser stellatus*). Биологический очерк // Изв. Бакинской ихтиол. лаборатории. Т. 1, 393 с.
- Золотов А.О.* 2003а. Современный промысел корфо-карагинской сельди и некоторые аспекты его регулирования // Вопр. рыболовства. Т. 4. № 1 (13). С. 103–115.
- Золотов А.О.* 2003б. Возможный подход к прогнозированию ОДК корфо-карагинской сельди с учетом данных об избирательном использовании уловов // Тез. докл. Междунар. конф. «Рациональное природопользование и управление морскими биоресурсами: экосистемный подход». Владивосток: ТИНРО-центр. С. 123–125.
- Золотов А.О.* 2004. О возможности прогнозирования величины пополнения корфо-карагинской сельди // Изв. Тихоокеан. рыбохоз. центра, в печати.
- Качина Т.Ф.* 1981. Сельдь западной части Берингова моря. М.: Лег. и пищ. пром-сть, 121 с.
- Качина Т.Ф., Сергеева Н.П.* 1984. Естественная смертность восточноооходморского минтая *Theragra chalcogramma* (Pallas) (Gadidae) // Вопр. ихтиологии. Т. 24. Вып. 3. С. 380–384.
- Когортные методы оценки состояния и параметров систем «запас-промысел» (метод. пособие). 2001 // Отрасл. семинар по изучению метод. основ рац. использования пром. биоресурсов. М.: ВНИРО, 66 с.
- Максименко В.П., Антонов Н.П.* 2002. Оценка естественной смертности у морских промысловых популяций рыб камчатского шельфа // Вопр. рыболовства. Т. 3. № 3 (11). С. 250–462.
- Методические рекомендации. 1984. Применение математических методов и моделей для оценки запасов рыб. М.: ВНИРО, 154 с.
- Науменко Н.И.* 2001. Биология и промысел морских сельдей Дальнего Востока. Петропавловск-Камчатский: Камчат. печат. двор, 330 с.
- Рикер У.Е.* 1979. Методы оценки и интерпретация биологических показателей популяций рыб. М.: Пищ. пром-сть, 408 с.
- Darby C.D., Flatman S.* 1994. Virtual Population Analysis. Version 3.1 (WINDOWS/DOS). User Guide, 85 p.
- Gulland J.A.* 1965. Estimation of mortality rates // Annex to rep. Arctic Fish. Working Group // ICES.C.M. V. 3. 9 p.