

УДК 639.2.053.7:639.222.2 (265.53)

Сравнительный анализ методов оценки и прогнозирования состояния запасов сельди Охотского моря**Т.И.Булгакова¹, А.А.Смирнов²**

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва

² Магаданский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «МагаданНИРО»), г. Магадан
e-mail: tbulgakova@vniro.ru

Проанализирована методология оценки запасов и определения наилучшего режима промысла для четырёх популяций тихоокеанской сельди *Clupea pallasii pallasii* Охотского моря. Для двух локальных популяций восточного Сахалина информация собирается не регулярно, потому их запас оценивается экспертным путём. Величина допустимого изъятия определяется методом Н.И.Науменко, который для корфо-карагинской сельди рекомендовал при низком уровне запаса изъятие в 11%. Переносить эти рекомендации на другие запасы нужно осторожно, тем более что авторы не оценивают границы между истощённым и низким уровнем биомассы запаса, между низким и среднем и т. п. Эти границы необходимо обосновывать при использовании такого правила регулирования. В основе оценки нерестовой популяции охотской сельди методом Т.Ф.Качиной лежит икорная съёмка, по которой оценивается плотность икры в каждом из подрайонов нереста, площадь нерестилищ определяется с помощью авиаучёта. Структура нерестового стада определяется по данным весенней съёмки. Оценка нерестового запаса гижигинско-камчатской сельди (ГКС) получена в ходе авиаучёта по методике, согласно которой с самолёта оценивают размеры косяков, идущих на нерест, и косяков, отходящих от берега после нереста, определяя общую площадь нерестовых скоплений. Плотность рыб в косяках двух типов определена заранее. Возрастной состав и другие параметры нерестовых скоплений оцениваются по промысловым данным. В статье описан алгоритм прогнозирования запасов на два года вперёд, разработанный Ю.К.Бенко и используемый для охотской сельди и ГКС. Информации по этим популяциям достаточно и для применения когортных моделей оценки запасов, такой опыт уже был во ВНИРО в 2002 г. Тогда же было предложено правило регулирования промысла согласно предосторожному подходу для сильно флюктуирующих запасов. Рекомендуется рассмотреть возможность использования этого правила вместо применяемого специалистами МагаданНИРО метода Е.М.Малкина.

Ключевые слова: тихоокеанская сельдь *Clupea pallasii pallasii*, Охотское море, методы оценки запасов, прогнозирование, ОДУ.

ВВЕДЕНИЕ

В конце XIX и начале XX веков в Охотском море тихоокеанская сельдь (*Clupea pallasii pallasii* Valenciennes, 1847) была

представлена тремя крупными популяциями — сахалино-хоккайдской, охотской и гижигинско-камчатской (далее — ГКС). Сахалино-хоккайдская популяция в прошлом

считалась наиболее мощной из них (Япония добывала до 1 млн. т этой сельди), нерестилища её распределялись вдоль берегов Сахалина, у побережий о. Хоккайдо, о. Хонсю. В 1950-е годы произошло резкое сокращение этой популяции, общий вылов снизился до 30–70 тыс. т [Ившина, 2008]. В настоящее время эта популяция находится в депрессии [Смирнов, 2014].

В Обоснованиях ОДУ на 2016 г. сельдь юго-западного Сахалина относится к подзоне (61.06.2) Японского моря, и эта группировка является частью сахалино-хоккайдской популяции сельди. Там же утверждается, что состояние этого запаса находится на «стабильно низком уровне». В период 2011–2014 гг. специализированный промысел не проводился, и рекомендованное ОДУ (143 т) на 2016 г. получен экспертыным методом.

В Восточно-Сахалинской подзоне (61.05.03) выделяются две локальные группировки сельди, для которых ОДУ не определяется, но оценивается рекомендуемый вылов. Это сельдь северо-восточного побережья о. Сахалин и сельдь зал. Терпения и юго-восточного побережья.

В северо-западной части моря обитает охотская сельдь. Ее воспроизводство приурочено к широкому району нереста: от мыса Борисова на западе до Тауйской губы на севере [Тюрнин, 1975; Науменко, 2001]. Эта популяция в настоящее время самая многочисленная популяция сельди Охотского моря. Для неё характерны значительные флюктуации численности, амплитуда её численности колеблется в пределах 1:100 [Фархутдинов, 2005]. Согласно многолетним исследованиям, максимальные уловы охотской сельди на уровне около 400 тыс. т были получены в период 1969–1971 гг. В 1970-е годы наблюдалась депрессия, после которой запас восстановился, но уловы в последний период примерно в 2 раза ниже максимума.

«Нерестилища ГКС находятся на побережье северо-восточной части моря: основные участки расположены в Гижигинской губе, локальные по берегам Западной Камчатки» [цит. по Смирнову, 2008]. Промышленное освоение ГКС началось в первой половине 20-х годов XX века. Промысел проходил как в нерестовый, так и в нагульный периоды. Уловы состав-

ляли 40–80 тыс. т в год, максимум в 161 тыс. т был достигнут в 1958 г. [Смирнов, Трофимов, 2010]. Вступление в промысловый запас неурожайных поколений в сочетании с чрезмерным выловом к началу 1970-х гг. привело к снижению численности стада, и с 1974 г. был введен запрет на её промысел [Смирнов, 2001]. С 1988 г. восстановлен промышленный лов в нагульный период, а с 2002 г. разрешён промысел и нерестовой сельди, но годовые объёмы её изъятия были невелики и колебались в пределах 3,2–11,4 тыс. т.

В связи со стабильным состоянием запаса ГКС и незначительным годовым объёмом освоения, этот запас переведён в категорию запасов, промысел которых происходит в режиме возможного вылова [Смирнов, 2011]. Это позволило с 2012 г. резко увеличить годовой вылов — до 22–79 тыс. т.

В нагульный период охотская сельдь и ГКС в локальных районах могут образовывать смешанные скопления [Мельников, 2002; Семенистых, Смирнов, 2002]. Условной границей между популяциями принят меридиан 153°30' в. д.

АНАЛИЗ ПРИМЕНЯЕМЫХ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ЗАПАСА ДЛЯ КАЖДОЙ ПОПУЛЯЦИИ СЕЛЬДИ

Сельди северо-восточного побережья о. Сахалин. Расчёты запасов основаны на информации из промысловых уловов ставным неводом в одном из заливов (в зал. Ныйский) в мае–июне 1994–2002, 2004 и 2010 гг., (т. е. данные по уловам получены не для каждого года), а также на результатах траловых донных съёмок в июле–сентябре 2002, 2005, 2007, 2010, 2012 и 2014 гг. Нерегулярно получаемые данные из уловов и съёмок не позволяют получить надёжные оценки запасов этой группировки сельди.

На основе данных промысловой статистики, в том числе возрастного состава нерестовых скоплений в 1994–2004 гг., были проведены оценки запаса методом ВПА. К сожалению, подробно эти расчёты не описаны, неясно, как от оценки нерестового запаса автор перешёл к оценке промыслового, на какие индексы запаса проводилась настройка ВПА. Оценки численности промыслового запаса сельди варьировали по годам, составив в среднем 22,1 млн.

экз. Из-за прерванных рядов данных дальнейшее использование метода ВПА было невозможно.

Для некоторых, но не для всех последующих лет по результатам донных тралений методом кригинга была рассчитана биомасса половозрелого запаса сельди при условии, что коэффициент уловистости равен 0,3. В среднем за этот период биомасса нерестового запаса равна 2,8 тыс. т. Прогнозные значения биомассы запаса на 2016 г. получены экспертым путём при предположении, что состояние запасов данной популяции относительно стабильно и нет развитого регулярного промысла. Тогда биомасса промыслового запаса в 2016 г. будет не ниже 2,5 тыс. т.

Сельдь зал. Терпения и юго-восточного побережья о. Сахалин. Для расчёта нерестового запаса этой группировки сельди использованы результаты учётных икорных водолазных съёмок [Качина, 1968; 1981] в период 2000–2011 гг. и контрольного лова нерестовой сельди ставными неводами в мае-июне. Поскольку 2011 г. — последний год наблюдений, прогноз запаса на 2015 и 2016 гг. получен экспертым путём при предположении, что запас находится в стабильном состоянии, и биомасса нерестового запаса прогнозируется на уровне 2010–2011 гг., а именно — не менее 2,5 тыс. т.

Таким образом, прогнозная величина двух запасов сельди Восточного Сахалина в сумме примерно равна 5 тыс. т, что существенно меньше запасов сельди северной части Охотского моря. На них и будет в основном далее сосредоточено наше внимание.

Поскольку для нескольких популяций тихоокеанской сельди при оценке нерестового запаса используется метод икорных съёмок [Качина, 1968; 1981; Науменко, 2001], рассмотрим этот метод подробно.

Основные периоды промысла и научных исследований как охотской сельди, так и ГКС: зимне-весенний (зимовальная и преднерестовая сельдь), весенний (нерестовая сельдь) и осенне-зимний (нагульная и предзимовальная сельдь). Весной проводятся прибрежные исследования районов нереста, когда оцениваются площади каждого из подрайонов нерестилищ S_i , часто с помощью аэросъёмки.

Сельдь откладывает икру в основном на водных растениях, но иногда и на других субстратах (на камнях, на орудиях лова и т. п.). После окончания нереста собираются пробы субстрата вместе с икрой, которая прилипает к субстрату в несколько слоёв, причём для большей представительности пробы берутся из разных мест нерестилища случайным образом. По этим пробам для каждого i -го подрайона вычисляется средняя плотность икры ρ_i в штуках на 1 м². Кроме того, в районе нереста берутся пробы рыб из ставных сетей, что даёт информацию как по возрастному составу производителей и доле самок среди них (D), так и по биологическим характеристикам, в том числе оценивается средняя индивидуальная абсолютная плодовитость (ИАП) F в тыс. икринок.¹

Таким образом, общее количество отложенной икры по всем нерестилищам N_0 равно

$$N_0 = \sum_i S_i \rho_i, \quad (1)$$

а численность производителей N_{sp} можно найти как

$$N_{sp} = \frac{N_0}{FD}. \quad (2)$$

По данным возрастного состава (в долях или в процентах), зная N_{sp} , можно получить численность нерестового запаса разных возрастных групп N_{sp}^a , а умножив (2) на среднюю массу особи в запасе, получить биомассу нерестового запаса в данный год. Сложнее оценить промысловый запас, поскольку в него входят и неполовозрелые особи нескольких поколений.

Если численность промыслового запаса N_f оценивается в тот же момент времени, что и нерестовый, то

$$N_f = \sum_a N_{sp}^a, \quad (3)$$

где f — индекс промыслового запаса; a — возраст; c^a — доля половозрелых рыб в возрасте a и $N_f^a = N_{sp}^a / c^a$.

Но иногда доля половозрелых рыб в поколении оценивается в предыдущий год осе-

¹ Здесь и далее по возможности сохранены обозначения Н.И. Науменко [2001], но индекс возраста — a .

нию, т. е. за 7–8 месяцев до нереста. Поэтому следует учитывать коэффициент естественной смертности за этот промежуток времени, а если в этот период вёлся и промысел, или сельдь попадала в прилов, например, при промысле минтая, то нужно учитывать и промысловую смертность в течение этого промежутка времени. Обычно коэффициент промысловой смертности (или убыли) оценить легче, поскольку вылов по сезонам известен более или менее точно. Более сложной проблемой является оценка естественной смертности, которая меняется не только по возрастам, но и по сезонам года. Естественная смертность вызвана многими факторами: и хищничеством (минтай, морские млекопитающие и др.), и посленерестовым стрессом и др. Важность этого параметра не вызывает сомнений, тем более, что он используется и при прогнозировании запаса на год и на два года вперёд.

Логика рассуждений предложенной Т.Ф. Качиной [1981] процедуры оценки запаса сельди весьма убедительна. Конечно, все определяемые промежуточные характеристики и популяционные параметры несут в себе неопределенность, и сложно оценить точность результирующей оценки запаса. Но без оценки ошибки ценность расчётов сильно снижается, а в современных условиях такие расчёты не принимаются.

Методы оценки допустимого изъятия для двух запасов сельди Восточного Сахалина

Для двух популяций сельди Восточного Сахалина при установлении рекомендуемой доли изъятия применяется предложенный Н.И. Науменко [2001] принцип, который условно можно представить графически (рис. 1). Автор этой работы, рассматривая корфо-карагинский запас тихоокеанской сельди, утверждает, что для истощённого запаса (условно на рис. 1 — при биомассе менее или равной B_1) разрешён только контрольный лов в минимальных пределах до 2–4% от запаса. При низком уровне состояния запаса (считаем условно, что биомасса запаса более B_1 и менее B_2) он рекомендует поддерживать интенсивность вылова на уровне 11%, а в годы со средним и высоким уровнем запаса (при биомассе запаса выше B_2) — от 20 до 25%. Н.И. Науменко

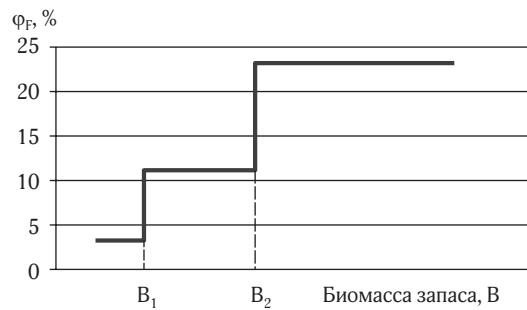


Рис. 1. Условное графическое представление схемы регулирования запаса сельди согласно Н.И.Науменко [2001]:

В — биомасса промыслового запаса, Φ_F — коэффициент промысловой убыли, выраженный в %

[2001] основывал свои рекомендации, ссылаясь на предложенную Галландом [Gulland, 1971] приблизительную зависимость годового устойчивого улова от «начальной» биомассы B_∞ (биомассы неэксплуатируемого запаса) и коэффициента естественной смертности M :

$$Y \approx 0,5MB_\infty.$$

При выводе этой формулы учитывается, что для неэксплуатируемого запаса параметр M равен коэффициенту общей смертности.

На практике же принято рассматривать вылов как долю от текущей биомассы (нерестового или промыслового запаса) в исследуемый год $t B_t$, а не от B_∞ , а, кроме того, обычно исследователя интересует уровень биомассы, при котором можно получить максимальный вылов. Например, согласно простейшей производственной модели Шефера [Schaefer, 1954], в которой производственная функция описывается квадратичной параболой, максимальный устойчивый вылов (Y_{MSY}) достигается при промысловой биомассе B_{MSY} , равной 1/2 от B_∞ . Отсюда получаем:

$$Y_{MSY} \approx MB_{MSY}. \quad (4)$$

Кроме того, рекомендуется вести промысел не на уровне Y_{MSY} , а на уровне Y_{0I} , который составляет (согласно той же модели Шефера) 0,9 от Y_{MSY} [Бабаян, 1982]. Предельное значение коэффициента промысловой смертности F_{lim} можно рассчитывать, как $F_{lim} = kM$, где значения постоянного параметра k выбираются из интервала (0,5; 1) [Бабаян, 2000]. Рекомендуемое же значение промысловой

смертности должно быть выбрано ниже предельного. Н.И.Науменко принял зависимость $ОДУ=0,38MBt$, т. е. $k=0,38$. В таком случае, например, при $M=0,3$ $ОДУ=0,114B$, а при $M=0,35$ $ОДУ=0,133B$, где B — прогнозируемое значение биомассы запаса.

Н.И.Науменко правильно утверждал, что доля изъятия должна зависеть от состояния запаса, и предлагаемую им ступенчатую функцию регулирования можно использовать, если бы были определены значения биомассы B_1 и B_2 . Такая схема управления вполне оправданна для таких сильно флюктуирующих запасов как сельдь, но для каждого запаса следует оценивать ориентиры по биомассе B_1 и B_2 , поскольку они различны для разных запасов. Автор их не оценивал и не предлагал метода их оценки. Составители Обоснования рекомендованного вылова на 2016 г. для этих запасов сельди не касаются вопросов определения этих ориентиров, т. е. неясно, каковы границы между уровнем биомассы истощённого и низкого запасов, а также низкого и среднего, среднего и высокого.

Другой метод, на который ссылается Н.И.Науменко, был предложен Е.М.Малкиным [1999], который рассматривает допустимое изъятие промыслом как функцию возраста массового созревания в популяции. Следуя этому методу, получается, что для популяций, в которых массовое созревание наступает в возрасте 5 лет, допустимое изъятие составляет 0,234, а в возрасте 6 лет — 0,207. Но на самом деле эти рекомендации Малкина можно использовать только при благополучном состо-

янии запаса, т. е. при биомассе запаса выше B_2 (см. рис. 1). В данном случае целевой ориентир управления по промысловый убыли можно принять равным $\varphi_{Ftr} = 0,234$.

Тем не менее, для обоих запасов сельди восточного побережья Сахалина рекомендуемая доля изъятия принята равной 11% со ссылкой на книгу Н.И.Науменко, поскольку в Обосновании рекомендованного вылова на 2016 г. считается, что эти запасы находятся на низком уровне. Но следует иметь в виду, что оценки допустимого изъятия получены Н.И.Науменко для корфо-карагинского стада сельди, и не доказано, что их можно использовать для других запасов сельди.

Оценивание запаса охотской сельди при обосновании ОДУ охотской сельди на 2016 г. проведено по описанной выше методологии Т.Ф.Качиной — проводились икорные водолазные съёмки, а площадь нерестилищ определяли методом аэроучёта с самолёта АН-2. Некоторые отличия заключаются в следующем:

— анализ структуры нерестового стада проводился по данным уловов ставных неводов, с учётом данных весенней комплексной съёмки, проведённой совместно сотрудниками ТИНРО-центра и МагаданНИРО;

— рассчитаны поправки к оценке общего количества икры на нерестилищах, при этом добавлены данные по количеству икры на неучтённых нерестилищах, выбросы икры на берег приливами, выедание икры хищниками и др. Эти поправки дали увеличение оценки численности нерестового запаса на 12,7%, что повлияло и на прогноз запаса на 2016 г.

Таблица 1. Характеристики запасов и вылова двух популяций сельди Охотского моря [по Н.И. Науменко, 2001], тыс. т

Уровень запаса	Нерестовый запас	Промысловый запас	Фактический вылов (в скобках-допустимый)
<i>Охотская сельдь</i>			
Максимальный	1670	3650	420 (854)
Средний	700	2000	130 (240)
Минимальный	60	670	12 (80)
<i>Гижигинско-камчатская сельдь (ГКС)</i>			
Максимальный	1030	2390	161 (559)
Средний	230	530	13,2 (124)
Минимальный	10	25	0,6 (3)

Оценка нерестового запаса гижигинско-камчатской сельди в 2014 г. получена в ходе прямого аэроучёта, по методике, разработанной во ФГУП «МагаданНИРО» [Смирнов, 2008]. Согласно этой методике, в Гижигинской губе, где расположены основные нерестилища этого запаса, автор с самолёта оценивает размеры косяков, подходящих к берегу (идущих на нерест) и косяков сельди, отходящих от берега после нереста, определяя общую площадь, занимаемую нерестовыми косяками. В проведённых ранее исследованиях была оценена плотность рыбы в скоплениях первого типа как 66 кг/м², а для второго типа — как 16 кг/м². Параллельно исследователи на промысловых судах оценивали из полученных уловов долю самок, возрастной состав нерестовой популяции, массу тела особей для разных возрастов и другие биологические параметры. При такой методике получается существенная экономия, поскольку не проводятся водолазные работы, которые высоко затратны [Смирнов, 2008].

Численность промыслового запаса для каждой из этих двух популяций сельди рассчитывается в период нереста в текущем году (в данном случае это 2014 г.) согласно формуле (3) как

$$N_f^a = N_{sp}^a / c^a.$$

Поскольку промысловый и нерестовый запасы оцениваются одновременно, нет необходимости включать в эту формулу естественную смертность. Обозначения те же, что описаны выше.

Количественные оценки численности сельди в течение ряда лет (1990–2000 гг.) также ежегодно получали по результатам траловых донных и пелагических съёмок [Мельников 2002]. Съёмки проводились и в осенне-зимний период, и весной, при расчёте численности приняты следующие оценки коэффициентов уловистости: 0,1 для сеголеток, 0,3 для нагульной подвижной сельди, 0,4 для малоподвижной, зимующей в скоплениях. Запасы рассчитывались отдельно для каждой из этих популяций, при этом для них использовались разные размерно-возрастные ключи для осенне-весенне-зимнего периода. Сотрудники ВНИРО проводили в прежние годы рас-

чёты по оценке запасов [Бабаян, Булгакова, Васильев, 2002] гижигинско-камчатской (в 2001 г.) и охотской (в 2002 г.) сельди на основе материалов, предоставленных МагаданНИРО, с помощью когортных моделей. Для каждого из этих запасов рассчитывали возрастной состав уловов в штучном выражении отдельно для нерестового и нагульного периода, при их сложении получали матрицу возрастного состава уловов по годам промысла, которая является входной информацией для когортной модели. Также отдельно для каждого промыслового сезона составляли матрицу средней массы особи в уловах по годам и возрастным группам. Проводили оценку коэффициента естественной смертности разными методами и формировали файлы для настройки модели. После проведения модельных расчётов проводилась диагностика результатов.

Для гижигинско-камчатской популяции расчёты проводили для периода 1978–2000 гг., но данные были неполными — с пропусками для некоторых лет, которые заполняли среднемноголетними значениями. Поэтому возрастной состав уловов содержит значительную неопределённость, что усугубляется и очень низкими уловами, при которых участие старших возрастных групп в улове определяется с большой ошибкой. Расчёты проводили по двум когортным моделям — XSA (расширенный анализ выживаемости) [Shepherd, 1999] и ICA (интегральный анализ уловов) [Patterson, Melvin, 1996] для указанного выше периода для возрастных групп 3–14+ (последняя группа считается плюс-группой). Для настройки модели в качестве индексов, отражающих возрастную структуру, взяты малые кошельковые (информация доступна только для 5 лет) и ставные невода (1978–2000 гг.). В качестве интегрального индекса для программы ICA принятые оценки нерестового запаса, полученные с помощью аэроучёта за период 1990–2000 гг. Диагностика результатов расчётов по XSA показала, что слишком велики ошибки в оценках коэффициентов уловистости и промысловой смертности для некоторых лет и некоторых возрастных групп. Это означает, что точность оценок численности запаса невелика. Многовариантные расчёты по модели ICA показали, что наилучшим вариан-

том был тот, при котором настройка проводилась на все 3 индекса, поскольку он приводил к более низким коэффициентам вариации полученных оценок коэффициентов промысловой смертности F и численностей по возрастам $N(a)$ для терминального 2000 года.

Следует отметить, что уловы в тот расчётный период были очень малы, т. е. они не могли достоверно отражать возрастную структуру запаса, кроме того, при формировании входных данных приходилось делать множество допущений. В современный же период уловы данной популяции существенно возросли, но ряд лет со значительными уловами пока слишком короткий (2012–2014 гг.), чтобы обеспечить надёжность оценок запаса сельди, но в 2016 г. можно провести пробные расчёты.

Расчёты, проведённые во ВНИРО в 2002 г. по оценке запасов охотской сельди, информационно были более обеспечены. Расчёты проводили по моделям XSA и ISVPA [Васильев, 2001] для периода 1960–2001 гг. и возрастов 2–11+. Для настройки модели были подготовлены файлы по трём типам промысла: сейнеры (промысловое усилие выражено в количестве замётов кошелька в нагульный период), траловый флот (количество тралений в нагульный период), ставники в нерестовый период. Каждому промыслу сопоставлена матрица возрастного состава улова в соответствующий период. Проводились многовариантные расчёты при разных комбинациях файлов настройки. Если для настройки модели использовали файл с одним типом промысла, то для него методом Галланда [Gulland, 1969] рассчитывалось стандартизированное промысловое усилие. Коэффициент естественной смертности рассчитан методом Рихтера и Ефанова [1977] и равен $M=0,32$ (1/год), он принят одинаковым для всех возрастных групп.

Для каждого варианта расчётов проводилась диагностика результатов. Один из важных моментов диагностики заключается в анализе матрицы логарифмов остатков при оценивании параметра улавливаемости. В большинстве случаев «остатки» (разность логарифмов коэффициента улавливаемости) были слишком велики. В качестве лучшего варианта расчёта (для которого остатки наименьшие) по модели XSA оказался вариант настройки

на улов на усилие тралового флота, хотя этот ряд был самым коротким, начинался с 1994 г. Наилучшим вариантом расчётов по модели ISVPA был вариант, в котором параметры модели оценивались без настройки только по возрастному составу уловов за 40 лет. Отметим, что эта модель может работать и без использования дополнительных рядов данных.

Используемая в течение многих лет в МагаданНИРО методология оценки запасов тихоокеанской сельди логически обоснована. Недостаток её заключается в том, что она не позволяет оценить точность полученных оценок запаса, а современные методы требуют так называемой диагностики результатов. В МагаданНИРО вполне достаточно информации для внедрения математических моделей в процедуру оценки запасов сельди Охотского моря. Тем более, в 2002 г. был опыт таких расчётов, о котором упоминается выше.

Методы прогнозирования величины запаса и определения ОДУ. Данный метод прогнозирования был реализован Ю.К.Бенеко в среде Excel в виде электронной таблицы и применяется сотрудниками МагаданНИРО для обеих популяций сельди. Опишем алгоритм, используемый для прогнозирования запасов двух популяций сельди, охотской и ГКС. Возможны некоторые различия в деталях между расчётами запаса двух популяций, которые не имеют большого значения. Например, возрастная структура популяции охотской сельди включает возраста от 3 до 12+ лет, для ГКС — от 4 до 16 лет. В настоящее время у этих популяций отмечается разный предельный возраст. Возможно, причиной является разная интенсивность промысла этих популяций в течение многих лет, ведь известно, что в результате интенсивного промысла постепенно сокращается предельный возраст рыб в уловах.

Далее приняты следующие обозначения:

а — возраст, у — терминальный год промысла, $(y+1)$ — следующий после терминального (промежуточный) год, $(y+2)$ — прогнозный год;

$N(a, y)$ — численность запаса возрастной группы а в год у, млн. экз.;

$Ns(y)$ и $Ns(a, y)$ — численность нерестового запаса весной, суммарная и по возрастам;

$n(a, y)$ и $n_{aut}(a, y)$ — возрастной состав запаса в нерестовый и нагульный (осенний) периоды, в %;

$Bs(y)$ и $Bs(a, y)$ — суммарная биомасса нерестового запаса и по возрастным группам, весной;

C — уловы в разные периоды годы в штучном выражении (в млн. экз.), а именно: $Cs(y)$ и $Cs(a, y)$ — суммарный вылов нерестовой сельди весной года y и тот же вылов по возрастным группам;

$C_{aut}(y)$ и $C_{aut}(a, y)$ — вылов нагульной сельди в год y , суммарный и по возрастам;

аналогично, Y — уловы в единицах биомассы: $Ys(y)$, $Ys(a, y)$, $Y_{aut}(y)$;

$ws(a, y)$ — масса половозрелой особи в возрасте a в год y в период нереста, г;

$wa(a, y)$ — масса особи осенью в нагульный период в возрасте a в год y , г;

$w_{avg}(y)$ — средняя масса особи в запасе, г;

$\beta 1(a)$ — среднемноголетнее значение доли впервые созревающих рыб в возрасте a весной, %;

$\beta 2(a)$ — среднемноголетнее значение доли повторно нерестующих рыб в возрасте a весной, %;

$\beta(a) = \beta 1(a) + \beta 2(a)$ — среднемноголетнее значение доли половозрелых рыб весной по возрастам;

$\alpha 1(a) = 1 - \beta(a)$ — доля неполовозрелых рыб в запасе весной, $\alpha 2(a)$ — то же, но осенью;

$\varphi m1(a)$ — естественная убыль в период с июня по август (за 3 месяца), в %;

$\varphi m2(a)$ — естественная убыль в период с сентября по май. Эти две последние величины рассчитываются через коэффициент годовой убыли от естественных причин при предположении, что убыль в течение любого месяца года одна и та же, т. е. не зависит ни от сезона, ни от года, тогда для каждой возрастной группы

$$\varphi m2(a) = 3\varphi m1(a).$$

Конечно, коэффициент естественной смертности варьирует не только по сезонам, но и по годам [Качина, 1968], поскольку разные поколения имеют разный возраст полового созревания, а быстро созревающие поколения имеют более высокую естественную смертность и бо-

лее низкий предельный возраст. Кроме того, смертность от хищничества (составляющая коэффициента естественной смертности) зависит от численности хищников и от условий среды — например, как указывает Т.Ф.Качина, в годы, когда места зимовки закрыты льдом, хищники (тюлени и сивучи) уходят из района, и смертность корфо-карагинской сельди в эти годы существенно снижается. Возможно, что и для сельди Охотского моря можно определить факторы среды, влияющие на её естественную смертность.

Входная информация для алгоритма прогноза запаса состоит из двух частей. Первая часть включает следующие массивы среднемноголетних значений параметров: масса особи в нерестовый $ws(a)$ и в нагульный $wa(a)$ периоды, доли впервые и повторно нерестующих рыб по возрастам $\beta 1(a)$ и $\beta 2(a)$ в %, естественная убыль за период с июня по август $\varphi m1(a)$ и с сентября по май $\varphi m2(a)$, доля неполовозрелых рыб в запасе весной $\alpha 1(a)$ и осенью $\alpha 2(a)$, в %. Эти средние величины используются для расчёта численности и биомассы запаса для прогнозных лет. Вторая часть входных данных содержит данные, полученные в терминальный год y , а именно: возрастной состав нерестового запаса $n(a, y)$ (в %), доля половозрелых рыб весной $\beta(a, y)$, масса половозрелых особей по возрастам $ws(a, y)$, суммарная численность половозрелых рыб $Ns(y)$, суммарный улов нерестовой сельди $Cs(y)$ и улов нагульной сельди $C_{aut}(y)$ (в млн. экз.) в период с сентября года y по май следующего года ($y+1$).

Расчёты численности и биомассы сельди проводятся последовательно, начиная от весны терминального года, потом для осени того же года, учитывается вылов нагульной и преднерестовой сельди (с осени по май следующего года). Затем ведётся расчёт численности общего и нерестового запаса на май следующего ($y+1$)-го года, и далее проводятся аналогичные расчёты для прогнозного года ($y+2$). В процессе расчётов отдельно учитывается численность повторно нерестующих и впервые созревающих рыб.

Расчёты запаса для терминального года. Общая численность запаса половозрелых рыб

в мае терминального года $Ns(y)$ оценивается по икорным съёмкам (для охотской сельди) или методом аэроучёта (для ГКС) [Смирнов, 2014], а затем распределяется по возрастным группам согласно определённому в этом году возрастному составу нерестовой популяции:
 $Ns(a, y) = Ns(y) \times n(a, y) / 100$ (млн. экз.).

Биомасса нерестового запаса по возрастам $Bs(a, y) = Ns(a, y) \times ws(a, y)$ и общая биомасса нерестового запаса $Bs(y) = \sum Bs(a, y)$.

2. Общий вылов половозрелых рыб весной в терминальный год $Cs(y)$ аналогично распределяется по возрастным группам через $n(a, y)$, при этом получаются величины $Cs(a, y)$ в млн. экз.

3. Остаток численности половозрелых рыб на первое июня после вылова для каждого возраста a равен

$$Ns_{1.06}(a, y) = Ns(a, y) - Cs(a, y).$$

4. Общая численность запаса на первое июня (с учётом неполовозрелых рыб) равна

$$N_{1.06}(a, y) / \beta(a, y) \times 100.$$

5. Общая численность на первое сентября (остаток после естественной смертности и вылова)

$$N_{1.09}(a, y) = N_{1.06}(a, y) - N_{1.06}(a, y) \times \varphi m_1(a) / 100 - Cs(a, y).$$

6. Расчёт составляющих общей численности на первое сентября:

повторно созревающих

$$N_{1.09}(a, y) \times \beta 2(a) / 100,$$

впервые созревающие

$$N_{1.09}(a, y) \times \beta 1(a) / 100,$$

неполовозрелых

$$N_{1.09}(a, y) \times (1 - \beta 2(a) / 100 - \beta 1(a) / 100).$$

7. Численность и биомасса половозрелых и впервые созревающих особей в нагульный период равны

$$N_{1.09}(a, y) \{ \beta 2(a) / 100 + \beta 1(a) / 100 \},$$

$$B_{1.09}(a, y) = N_{1.09}(a, y) \{ \beta 2(a) / 100 + \beta 1(a) / 100 \} w_a(a).$$

8. Расчет средней массы (веса) особи в нагульный период

$$w_{avg}(y) = \frac{\sum B_{1.09}(a, y)}{\sum N_{1.09}(a, y)}.$$

9. Возрастной состав половозрелых и впервые созревающих особей в нагульный период в относительных величинах

$$n_{aut}(a, y) = \frac{N_{1.09}(a, y) \{ \beta 2(a) / 100 + \beta 1(a) / 100 \}}{\sum_a N_{1.09}(a, y) \{ \beta 2(a) / 100 + \beta 1(a) / 100 \}}.$$

10. Величина вылова в тоннах переводится в численность рыб в улове в нагульный период через среднюю массу особи по формуле

$$C_{aut}(y) = \frac{Y_{aut}(y)}{w_{avg}(y)}.$$

Затем по уже известным $n_{aut}(a, y)$ проводится расчёт численности особей, погибших от промысла (выловов) и от естественных причин $Nm(a, y)$ за период от сентября года y до мая следующего года ($y+1$) для каждой возрастной группы

$$C_{aut}(as, y) = C_{aut}(y) n_{aut}(a, y);$$

$$N_m(a, y) = \varphi m_2(a) N_{1.09}(a, y) [\beta 2(a) / 100 + \beta 1(a) / 100].$$

Прогнозирование на 1–2 года вперёд.

11. Далее расчёты проводятся для следующего ($y+1$)-го года. Теперь они ведутся по поколениям (когортам), т. е. для всех возрастов следующего года (за исключением младшей возрастной группы) численность общего запаса равна численности предыдущей возрастной группы осенью y -го года за вычетом вылова нагульной сельди, убыли от естественных причин и вылова нерестовой сельди в мае ($y+1$)-го года:

$$N_{1.06}(a+1, y+1) = N_{1.09}(a, y) - C_{aut}(a, y) - Nm(a, y) - Cs(a+1, y+1).$$

12. Оценка пополнения младшей возрастной группы промыслового запаса ($R(4)$ для ГКС или $R(3)$ для охотской сельди) ведётся следующим образом. По ретроспективным данным все поколения делят на три (для ГКС) или на четыре (для охотской сельди) категории по их мощности. Для каждой категории рассчитывается среднемноголетняя числен-

ность поколений (высокоурожайные, среднеурожайные и низкоурожайные) в нерестовой популяции.

Так, при прогнозировании пополнения ГКС абсолютная численность поколения в возрасте 4 года принимается для высокоурожайных поколений равной 676 млн. экз., для среднеурожайных — 183 млн. экз., низкоурожайных — 88 млн. экз. Для охотской сельди выделены четыре категории численности поколений в возрасте 3 года (таблица 2).

Таблица 2. Средняя численность поколений охотской сельди в возрасте 3 года

Урожайность поколений	Численность, млн. экз.
Высокоурожайные	1005,10
Среднеурожайные	420,73
Малоурожайные	168,53
Неурожайные	136,14

После определения численности общего запаса весной года ($y+1$) повторяются описанные выше этапы расчётов, начиная со второго. Но вместо таких параметров, как доля половозрелых рыб весной, средняя масса особей по возрастам, которые ранее оценивались по материалам, полученным в год y , теперь принимаются среднемноголетние значения.

13. Затем оцениваются параметры для прогнозного ($y+2$)-го года, после чего решается проблема выбора схемы регулирования и формирования рекомендаций по вылову в этом году.

Авторы обоснования прогнозов охотской сельди считают, что запас находится в относительно стабильном состоянии, несмотря на периодически вступающие в него неурожайные поколения, потому принимают для 2016 г. допустимое годовое изъятие равным 23,4% от промыслового запаса, что согласно критерию Е.М.Малкина [1999] соответствует возрасту массового созревания сельди 5 лет.

Автор обоснования прогнозов ГКС рекомендует при возрасте массовой половозрелости этого запаса сельди 6 лет промысловое изъятие (согласно той же концепции Малкина) принять равным 20,7% от биомассы запаса.

Таким образом, прогнозирование численности запасов сельди проводится сотрудниками

МагаданНИРО по формулам, разработанным для когортных методов, с учётом возрастной структуры популяций. Некоторое преимущество таких расчётов заключается в том, что последовательно учитывается сезонная изменчивость промысла и параметров массы и др. Что же касается выбора схемы регулирования, она заменяется «правилом Малкина», которое может использоваться только при благоприятном состоянии запаса. В других случаях полученный по этому правилу уровень промыслового изъятия можно использовать только в качестве целевого ориентира управления по промысловой смертности. А рекомендуемый уровень промысловой смертности должен рассчитываться как функция биомассы нерестового (иногда и промыслового) запаса.

Имеющаяся информация по обеим крупным популяциям сельди Охотского моря позволяет применять математические модели для оценки запасов сельди и обоснования рекомендованного вылова. После применения когортных моделей для оценки запасов [Бабаян, Булгакова, Васильев, 2002] строго обосновывалось правило регулирования. Например, для охотской сельди была выбрана схема регулирования, пригодная для сильно флюктуирующих запасов [Бабаян, 2000]. Для реализации такой схемы регулирования выбираются три ориентира по биомассе (границы и два целевых) и столько же по промысловой смертности F . Принципиально такая схема показана на рис. 2.

Таблица 3. Значения биологических ориентиров управления для охотской сельди [Бабаян, Булгакова, Васильев, 2002], по биомассе — в тоннах, по промысловой смертности — в 1/год

B_{lim} , т	260000	F_{lim}	0,58
B_{tr1}	413000	F_{tr1}	0,39
B_{tr2}	767000	F_{tr2}	0,47

Биологические ориентиры для построения такой схемы регулирования были обоснованы и согласованы с сотрудником МагаданНИРО А.М.Панфиловым (таблица 3). В качестве основы для прогнозирования выбран вариант оценки запаса с помощью когортной модели XSA. Границный ориентир по нерестовой биомассе принят равным наименьшему значе-

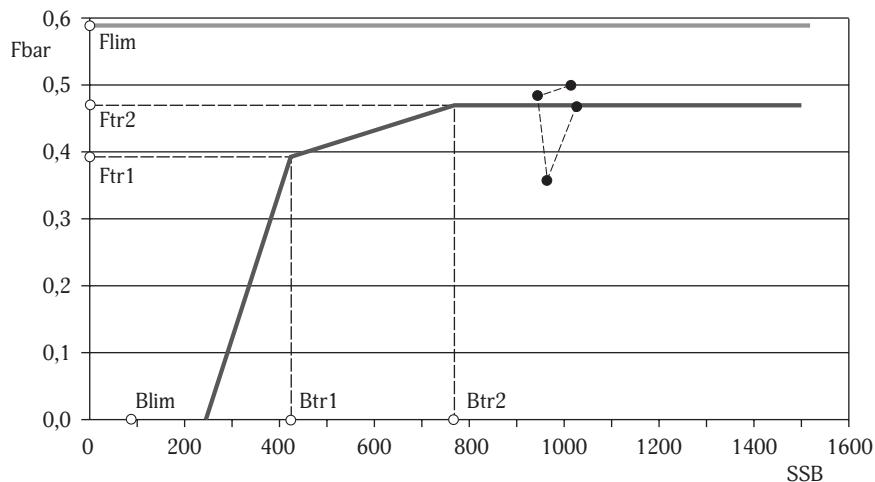


Рис. 2. Схема регулирования охотской сельди, построенная по результатам оценки запасов по модели XSA [Бабаян, Булгакова, Васильев, 2002].

Значения биологических ориентиров соответствуют таблице 3. Величина F_{bar} — мгновенный коэффициент промысловой смертности, усреднённый по возрастам от 6 до 10 лет. SSB — биомасса нерестового запаса в тыс. т.

нию биомассы за период после 1981 г, а именно 260 тыс. т. Границы ориентир по промысловой смертности F_{lim} принят равным F_{01} , значение этой величины определено после построения зависимости улова на пополнение от коэффициента промысловой смертности.

Целевые ориентиры по промысловой смертности были выбраны при двух разных предположениях об относительной стандартной логарифмической ошибке величины F , равной, например, 0,3 и 0,2 (заранее значения этой ошибки неизвестны):

$$F_{tr1} = F_{lim} \times \text{EXP}[-0,3],$$

$$\text{а } F_{tr2} = F_{lim} \times \text{EXP}[-0,2].$$

Для оценки целевых ориентиров по нерестовой биомассе проведена следующая процедура. Рассчитано среднее значение нерестовой биомассы за расчётный период, $SSB_{ср}$. Для определения двух целевых ориентиров по биомассе средняя величина уменьшается или увеличивается на 30%: первый целевой ориентир $B_{tr1} = 0,7SSB_{ср}$, а второй $B_{tr2} = 1,3SSB_{ср}$.

Процедура выбора ориентиров управления может быть и другой, но её следует описать при обосновании величины ОДУ или рекомендованного вылова.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проанализирована методология оценки четырёх запасов сельди Охотского моря, прогно-

зирования и определения рекомендованной величины их изъятия.

Процедура оценки запасов сельди Восточного Сахалина из-за недостаточной информации ограничена экспертными оценками. Определение допустимого изъятия из этих запасов довольно произвольно, основано на рекомендациях Н.И.Науменко, разработанных для кордо-карагинской сельди. Несомненно, следует обосновать выбор биологических ориентиров управления B_1 и B_2 (см. рис. 1), без этого предложения о принятии того или иного изъятия не обоснованы.

Процедура оценки запасов охотской сельди и ГКС и её прогнозирования вполне обоснована. Тем не менее, наличие необходимой информации позволяет применять и математические модели и целесообразно сравнить результаты, полученные по двум методам. Применяемое же в МагаданНИРО правило регулирования по методу Малкина справедливо только для случая, когда запас находится в самом благоприятном состоянии. Получаемую этим методом величину допустимого изъятия допустимо использовать только в качестве целевого ориентира управления по биомассе.

Рекомендуем рассмотреть возможность правила Н.И.Науменко (рис. 1) и метод Е.М.Малкина заменить на правило предосторожного подхода, частный случай которого приведён на рис. 2 и которое применимо для

сильно флюктуирующих запасов. Такое правило позволяет получать однозначную оценку рекомендованного изъятия, которое является функцией от полученной прогностической величины биомассы нерестового (а иногда и промыслового) запаса. При выборе правила регулирования прежде всего следует определить цель, а затем обосновать выбор биологических ориентиров по биомассе и по промысловой смертности.

ЛИТЕРАТУРА

- Бабаян В.К. 1982. Метод расчёта параметров щадящего режима рыболовства // Рыбное хозяйство № 2. С. 29–31.
- Бабаян В.К. 2000. Предосторожный подход к оценке общего допустимого улова (ОДУ): Анализ и рекомендации по применению. М.: Изд-во ВНИРО. 192 с.
- Бабаян В.К., Булгакова Т.И., Васильев Д.А. MS2002. Изучение состояния запасов минтая и сельди северной части Охотского моря // Отчёт по договору ФГУП ВНИРО с ФГУП МагаданНИРО. ВНИРО. 22 с.
- Васильев Д.А. 2001. Когортные модели и анализ промысловых биоресурсов при дефиците информационного обеспечения. М.: Изд-во ВНИРО. 110 с.
- Ивишина Э.Р. 2008. Основные черты биологии и современного состояния запасов сельди (*Clupea pallasii* Valenciennes, 1847) Юго-Западного Сахалина. Автореф. дисс... канд. биол. наук. Южно-Сахалинск. 19 с.
- Качина Т.Ф. 1968. Методика расчёта численности рыб в промысловом запасе кордо-карагинского стада сельди // Труды ВНИРО. Т. 62. С. 122–128.
- Качина Т.Ф. 1981. Сельдь западной части Берингова моря. М.: Лёгкая и пищевая пром-сть. 120 с.
- Малкин Е.М. 1999. Репродуктивная и численная изменчивость промысловых популяций рыб. М.: Изд-во ВНИРО. 146 с.
- Мельников И.В. 2002. Результаты оценки запаса сельди в северной части Охотского моря по траловым съёмкам 2000 г. // Изв. ТИНРО. Т. 130 часть III. С. 1142–1158.
- Науменко Н.И. 2001. Биология и промысел морских сельдей Дальнего Востока. Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор. 300 с.
- Рихтер В.А., Ефанов В.Н. 1977. Об одном из подходов к оценке естественной смертности рыбных популяций // Труды АтлантНИРО. Вып. 75. С. 77–85.
- Семенистых Ю.Г., Смирнов А.А. 2002. Особенности распределения и промысла охотской и гижигинско-камчатской сельди в смешанных нагульных скоплениях осенью 2001 г. в Приморском районе Охотского моря // Мат. всерос. конф. «Пути решения проблем изучения, освоения и сохранения биоресурсов мирового океана в свете морской доктрины Российской Федерации на период до 2020 года». М. С. 167–168.
- Смирнов А.А. 2001. Современное состояние запасов и перспективы промысла гижигинско-камчатской сельди // Вопросы рыболовства. Т. 2. С. 287–298.
- Смирнов А.А. 2008. Аэровизуальный учёт и наведение судов на скопления нерестовой гижигинско-камчатской сельди // Рыбное хозяйство. Т. 3. С. 48–49.
- Смирнов А.А. 2011. История промысла и современный ресурсный потенциал гижигинско-камчатской сельди // Вторая всероссийская научно-практическая конференция «Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование». КГТУ. Петропавловск-Камчатский. С. 209–211.
- Смирнов А.А. 2014. Биология, распределение и состояние запасов гижигинско-камчатской сельди. Магадан: СВГУ. 170 с.
- Смирнов А.А., Трофимов И.К. 2010. Краткая характеристика промысла гижигинско-камчатской сельди // Вестник СВНЦ ДВО РАН. № 3. С. 99–102.
- Тюриин Б.В. 1975. Структура нерестовой популяции сельди северо-западной части Охотского моря, её динамика и биологические основы прогнозирования улова // Дисс. ... канд. биол. наук. Владивосток: ТИНРО. 221 с.
- Фархутдинов Р.К. 2005. Экология воспроизводства, динамика численности и состояние запасов охотской сельди. Автореферат дисс... канд. биол. наук. Хабаровск. 24 с.
- Gulland J.A. 1971. Science and fishery management // J. Cons. Int. Explor. Mer Vol. 33: 471–476.
- Gulland J.A. 1969. Manual of methods for fish stock assessment/ Fish population analysis // FAO Man. Fish. Sci. N4. 154 p.
- Patterson K.R., Melvin G.D. 1996. Integrated catch-at-age analysis version 1.2. Scottish fisheries research report 98. 60 pp.
- Schaefer M.B. 1954. Some aspects of the dynamics of populations important to the management of the commercial marine fisheries // Bull. Inter Am. Trop Tuna Comm. 1 (2). P. 27–56.
- Shepherd J.G. 1999. Extended survival analysis — an improved method for the analysis of catch-at age data and abundance indices // ICES J. Mar. Sci. V. 56. P. 584–591.

REFERENCES

- Babayan V.K. 1982. Metod rascheta parametrov shchadyashchego rezhima rybolovstva [The method to estimate the fishery sparing regime parameters] // Rybnoe hozyajstvo № 2. C. 29–31.
- Babayan V.K. 2000. Predostorozhnyj podhod k ocenke obshchego dopustimogo ulova (ODU): Analiz i rekomendacii po primeneniyu. [Precautionary approach to assessment of total allowable catch (TAC): Analysis and practical recommendations]. M.: Izd-vo VNIRO, 192 s.
- Babayan V.K., Bulgakova T.I., Vasil'ev D.A. MS2002. Izuchenie sostoyaniya zapasov mintaya i sel'di severnoj chasti Ohotskogo morya [The study of walleye pollack and herring stocks state in the north part of the Okhotsk Sea] // Otchet po dogovoru FGUP VNIRO s FGUP MagadanNIRO, VNIRO. 22 s.
- Vasilyev D.A. 2001. Kogortnye modeli i analiz promyslovyh bioresursov pri deficite informacionnogo obespecheniya. [Cohort models and analysis of commercial bioresources at information supply deficit]. M.: Izd-vo VNIRO. 110 s.
- Ivshina Eh.R. 2008. Osnovnye cherty biologii i sovremennoego sostoyaniya zapasov sel'di (*Clupea pallasii* Valenciennes, 1847) Yugo-Zapadnogo Sahalina. [Principal description of biology and present herring (*Clupea pallasii* Valenciennes, 1847) stocks state off the South-West Sakhalin]. Avtoref. diss... kand. biol. nauk. Yuzhno-Sakhalinsk. 19 s.
- Kachina T.F. 1968. Metodika rascheta chislennosti ryb v promyslovom zapase korfo-karaginskogo stada sel'di [The method of fish abundance estimation in commercial stock of Korfo-Karagin herring] // Trudy VNIRO. T.62. S.122–128.
- Kachina T.F. 1981. Sel'd' zapadnoj chasti Beringova morya. [Herring in the west part of the Bering Sea]. M.: Legkaya i pishchevaya prom-st'. 120s.
- Malkin E.M. 1999. Reproduktivnaya i chislennaya izmenchivost' promyslovyh populyacij ryb. [Reproductive and numerical variability of fish commercial populations]. M.: Izd-vo VNIRO. 146 s.
- Mel'nikov I.V. 2002. Rezul'taty ocenki zapasa sel'di v severnoj chasti Ohotskogo morya po tralovym s'ekam 2000 g. [Results of estimation of herring stock in the northern part of the Okhotsk Sea by trawl surveys] // Izv. TINRO. T. 130 chast' III. S. 1142–1158.
- Naumenko N.I. 2001. Biologiya i promysel morskikh sel'dej Dal'nego Vostoka. [Biology and fishery of the Far East Seas herrings]. Petropavlovsk-Kamchatskij: Kamchatskij pechatnyj dvor. 300 s.
- Rihter V.A., Efanov V.N. 1977. Ob odnom iz podhodov k ocenke estestvennoj smertnosti rybnyh populyacij [About an approach to natural mortality estimate for fish population] // Trudy AtlantNIRO. Vyp.75. S.77–85.
- Semenistyh YU.G., Smirnov A.A. 2002. Osobennosti raspredeleniya i promysla ohotskoj i gizhiginsko-kamchatskoj sel'di v smeshannyh nagul'nyh skopleniyah osen'yu 2001 g. v Pritauiskom rajone Ohotskogo morya [Characteristics of distribution and fishery of Okhotsk and Gzhiga-Kamchatka herring in the mixed feeding aggregations in autumn 2001 in Tauski area of the Okhotsk Sea] // Mat. vseros. konf. «Puti resheniya problem izucheniya, osvoeniya i sohraneniya bioresursov mirovogo okeana v svete morskoj doktriny Rossijskoj Federacii na period do 2020 goda». M. S. 167–168.
- Smirnov A.A. 2001. Sovremennoe sostoyanie zapasov i perspektivy promysla gizhiginsko-kamchatskoj sel'di [The current condition of stocks of herring in the Gzhiga-Kamchatka area] // Voprosy rybolovstva. T. 2. S. 287–298.
- Smirnov A.A. 2008. Aehrovizual'nyj uchet i navedenie sudov na skopleniya nerestovoj gizhiginsko-kamchatskoj sel'di [Aerial survey and guidance of fishing vessels toward spawning aggregations of Gzhiga-Kamchatka herring] // Rybnoe hozyajstvo. N3. S.48–49.
- Smirnov A.A. 2011. Istorya promysla i sovremenneyj resursnyj potencial gizhiginsko-kamchatskoj sel'di [Fishery history and present resource potential of the Gzhiga-Kamchatka herring] // Vtoraya vserossijskaya nauchno-prakticheskaya konferenciya «Prirodnye resursy, ih sovremennoe sostoyanie, ohrana, promyslovoe i tekhnicheskoe ispol'zovanie». KGTU. Petropavlovsk-Kamchatskij. S. 209–211.
- Smirnov A.A. 2014. Biologiya, raspredelenie i sostoyanie zapasov gizhi-ginsko-kamchatskoj sel'di [Biology, distribution and stocks condition of Gzhiga-Kamchatka herring] // Magadan: SVGU.170 s.
- Smirnov A.A., Trofimov I.K. 2010. Kratkaya harakteristika promysla gizhiginsko-kamchatskoj sel'di [Brief description of Gzhiga-Kamchatka herring fishery] // Vestnik SVNC DVO RAN. № 3. S. 99–102.
- Tyurnin B.V. 1975. Struktura nerestovoj populyacii sel'di severo-zapadnoj chasti Ohotskogo morya, ee dinamika i biologicheskie osnovy prognozirovaniya ulova [Structure of the herring spawning population in the Okhotsk Sea northwestern part, dynamics and biological foundation of catch forecasting] // Diss. kand. biol. nauk. Vladivostok: TINRO. 221 s.
- Farhutdinov R.K. 2005. Ehkologiya vosproizvodstva, dinamika chislennosti i sostoyanie zapasov ohotskoj sel'di. [Reproduction ecology, abundance dynamics and the stock state of the Okhotsk herring] //Avtoreferat diss... kand. biol. nauk. Khabarovsk. 24 s.

Поступила в редакцию 30.11.15 г.
Принята после рецензии 04.04.16 г.

Comparative analysis of stock assessment and projection methods for Pacific herring of the Okhotsk Sea

Bulgakova T.I.¹, Smirnov A.A.²

¹ Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (FSBSI «VNIRO»), Moscow

² Magadan Research Institute of Fisheries and Oceanography (FSBSI «MagadanNIRO»), Magadan
tbulgakova@vniro.ru

The paper presents an analysis of stock assessment and forecasting techniques, and of finding the optimum pattern for harvesting the four populations of the Pacific herring *Clupea pallasii pallasii*, inhabiting the Sea of Okhotsk. As for the two local populations off East Sakhalin, data are not being gathered regularly, so they are estimated by experts approximately. The possible yield is calculated using N.I.Naumenko's method; his advice was to take 11% in the event of a low stock level of the Korfo-Karagin herring. Such advice may be applied to the other stocks in a cautious manner, moreover that the authors do not evaluate the limits between the exhausted and low biomass levels, or between the low and medium levels. Using such management rule requires some substantiation for these limits. The Okhotsk herring stock assessment is based on T.F.Kachina's method and egg surveys; the area of spawning grounds is obtained from aerial surveys. Spring survey data supports the spawning stock structure analysis. The spawning stock of Gzhiga-Kamchatka herring (GKH) was assessed during aerial surveys, the technique being to evaluate the size of schools bound for spawning, and of the schools which depart from the shore after spawning; the total area occupied by the spawning population is then found too. Fish density in schools of the two types is calculated prior to that. The age structure and other parameters of the spawning population are received from the data gathered by fishing vessels. This paper provides a detailed description of the algorithm of stock forecasting for two years ahead developed by Yu.K.Benko in EXCEL, and applied to 2 herring populations (Okhotsk and GKH). The information available for these populations is sufficient to apply the cohort stock assessment models. VNIRO experts already had such experience in 2002, and it is briefly given in this paper. At the same time in the past a fishing management rule was suggested for heavily fluctuating stocks. This rule is recommended for use instead of E.M.Malkin's technique being applied now by MagadanNIRO experts.

Key words: Pacific herring *Clupea pallasii pallasii*, the Okhotsk Sea, methods of stock assessment, forecasting, TAC