

Сахалинский научно-исследовательский институт  
рыбного хозяйства и океанографии  
(СахНИРО)



## ПРИБРЕЖНОЕ РЫБОЛОВСТВО – XXI ВЕК

МАТЕРИАЛЫ  
МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ  
19-21 сентября 2001 г.

**Труды СахНИРО**  
**Том 3**

### **Часть 1**



Южно-Сахалинск  
Сахалинское книжное издательство  
2002

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОМЫСЛА БАРЕНЦЕВОМОРСКОЙ ТРЕСКИ НА ОСНОВЕ ПРЕДОСТОРОЖНОГО ПОДХОДА

Ковалев Ю. А., Коржев В. А.,  
Полярный научно-исследовательский институт  
рыбного хозяйства и океанографии, г. Мурманск

Исследованы возможные последствия управления промыслом популяции баренцевоморской трески *Gadus morhua morhua* L., осуществляемого по рекомендации ICES (Международный совет по изучению моря) с помощью биологических ориентиров  $B_{lim}$ ,  $B_{pa}$  и  $F_{pa}$ . Исследование осуществлено методом математического моделирования динамики численности популяции трески. В основу модели регулирования промысла положены два критерия: сохранение биомассы нерестовой части популяции (SSB) на заданном уровне и сохранение заданного уровня эксплуатации (F). Модель позволяет учитывать изменения численности поколений и темпов весового роста в зависимости от плотности популяции. Рассмотрены преимущества и недостатки биологических ориентиров  $B_{pa}$  и  $F_{pa}$ , используемых в качестве критериев для регулирования промысла.

Сделано заключение, что схема управления промыслом, предусмотренная предосторожным подходом (Anon., 1997), для трески является оптимальной. Ведение промысла с постоянным уровнем промысловой смертности, равным значению ориентира  $F_{pa}$ , уменьшает межгодовую изменчивость величины уловов и позволяет получить среднесезонный улов, близкий к максимальному. Использование ориентира  $B_{pa}$  позволяет уменьшить вероятность появления бедных по численности поколений.

The possible consequences in managing the fishery of Atlantic cod (*Gadus morhua morhua* L.) population realized by the recommendations of ICES (International Council on studying a sea) with the help of biological reference points  $B_{lim}$ ,  $B_{pa}$ , and  $F_{pa}$  have been studied. The investigation was conducted with the method of mathematical modelling the dynamics of abundance for the cod population. Two criteria: maintenance of biomass of the spawning part of population (SSB) at the goal, and maintenance of the goal of exploitation (F) are put in the base of modelling the fishery management. The model allows taking into account the changes in generation abundance and rates of the weight growth due to the population density. Merits and demerits of biological reference points  $B_{pa}$ , and  $F_{pa}$  used as criteria for fishery adjustment have been considered.

It was concluded that a scheme of managing a fishery, appropriated by the precaution approach (Anon., 1997), is optimal for cod. Fishing with the constant level of commercial mortality equal to the reference point  $F_{pa}$  decreases an interannual changeability of the catch sizes and allows to get a long-term catch close to maximum. Usage of the reference point  $B_{pa}$  allows to reduce a probability of appearing the poor generations as for their abundance.

### ВВЕДЕНИЕ

Рекомендации ICES по управлению промыслом баренцевоморской трески основываются на концепции предосторожного подхода. В основу этой концепции положен зональный принцип регулирования рыболовства, когда весь диапазон возможных состояний запаса ( $O$ ,  $B_{\infty}$ ) разбивается на отрезки, для каждого из которых вводится свой режим регулирования. Определяются значения следующих биологических ориентиров: а) граничные ориентиры -  $B_{lim}$  и  $F_{lim}$  и б) предосторожные ориентиры  $B_{pa}$  и  $F_{pa}$ .  $B_{lim}$  – это значение нерестовой биомассы популяции, при которой промысел должен быть прекращен. Предполагается, что когда биомасса половозрелых рыб достигает данного значения, возникает ситуация перелома по пополнению (Бабаян, 2000).  $F_{lim}$  – коэффициент промысловой смертности, при использовании которого происходит коллапс запаса или динамика его численности становится непредсказуемой.  $B_{pa}$  и  $F_{pa}$  – значения нерестовой биомассы и промысловой смертности, использование кото-

рых гарантирует с высокой вероятностью, что фактические величины SSB и F не достигнут граничных ориентиров.

В 1999 г. на рабочей группе ICES по арктическому рыболовству (Anon.,1999) для трески были установлены следующие значения биологических ориентиров:  $V_{lim} = V_{loss} = 112$  тыс. т ( $V_{loss}$  – наименьшая наблюдаемая величина нерестового запаса);  $V_{pa} = MBAL = 500$  тыс. т [MBAL - минимальный биологически допустимый уровень нерестового запаса (Бабаян, 2000)];  $F_{lim} = F_{loss} = 0,7$  [ $F_{loss}$  - коэффициент промысловой смертности, при котором отношение равновесных величин биомассы нерестового запаса к численности пополнения (SSB/R) равно обратному значению коэффициента, определяющего угол наклона прямой, проведенной через начало координат и точку, в которой значение SSB/R, как функции промысловой смертности, равно минимальному наблюдаемому значению (Бабаян, 2000)],

$$F_{pa} = F_{lim} * e^{-1,645s} = 0,42, \quad (1)$$

где 1,645 – значение коэффициента Стьюдента при доверительной вероятности 95%;  $s=0,3$  – мера неопределенности оценки значения F (принимается на основе экспертной оценки). В 2001 г. (Anon.,2001) были пересмотрены ретроспективные ряды биомассы нерестового запаса и определены новые значения  $V_{lim} = 140$  тыс. т и  $V_{pa} = 375$  тыс. т. Однако эти значения пока не утверждены Комитетом ICES по регулированию рыболовства (ACFM). Единой, строгой методики определения значений биологических ориентиров  $V_{lim}$  и  $V_{pa}$  не существует. В настоящий момент применяются самые различные подходы. Представляется целесообразным проведение проверки использования определенных значений биологических ориентиров для регулирования рыболовства.

Цель настоящей работы: при помощи математической модели проанализировать воздействие на популяцию трески промысла, регулируемого с использованием вышеуказанных значений биологических ориентиров.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

**Входные данные.** Данные о численности, средней массе, мгновенных коэффициентах естественной и промысловой смертности, распределенных по возрастным группам, и огивы половозрелости трески взяты из отчетов рабочей группы ИКЕС по арктическому рыболовству за 2000 гг. (Anon., 2000). Эти данные доступны для периода с 1946 г. Для моделирования был выбран период 1984 - 2000 гг., обеспеченный наиболее достоверными данными об огивах созревания, средних массах трески в каждой возрастной группе и коэффициентах естественной смертности трески, рассчитанных с учетом каннибализма. Однако для статистического анализа и построения зависимости “запас–пополнение” столь короткого ряда данных недостаточно. Поэтому данные о биомассе нерестового запаса и численности пополнения в возрасте трех лет, рассчитанные рабочей группой ICES по методу VPA (виртуального популяционного анализа) без учета каннибализма (Anon.,2001), были взяты для периода 1946–2000 гг. Распределение коэффициентов промысловой смертности по возрастам (так называемая “модель эксплуатации” - fishing pattern) было взято средним за период 1984-2000 гг.

Все исходные данные опубликованы в материалах рабочих групп ICES и доступны в Интернете по адресу: [www.ices.dk](http://www.ices.dk).

### Описание модели

Влияние на популяцию трески промысла, регулируемого с использованием биологических ориентиров, определяемых в рамках предосторожного подхода, исследовалось с помощью разработанной математической модели. На историческом ряде данных проверялись различные варианты возможного регулирования промысла. Моделировался промысел, предполагающий сохранение биомассы половозрелых рыб на уровне  $B_{pa}$ , а также промысел, ведущийся с сохранением постоянного уровня промысловой смертности, равного  $F_{pa}$ . Для анализа воздействия такого регулирования промысла на популяцию трески учитывались изменения численности пополнения и темпов весового роста трески, возможные при изменении плотности ее популяции.

### Изменение численности трески в модели

Расчет численности трески выполнялся с использованием следующего уравнения:

$$N(\tau + 1, a + 1) = N(\tau, a)e^{-Z(\tau, a)}, \quad (2)$$

где  $N$  – численность рыбы возраста  $a$  в году  $\tau$ ;  $\tau$  – год промысла;  $a$  – возраст;  $Z$  – мгновенный коэффициент общей смертности:

$$Z(\tau, a) = M(\tau, a) + F(\tau, a), \quad (3)$$

где  $M(\tau, a)$  – коэффициент естественной смертности трески возраста  $a$  в году  $\tau$ ;  $F(\tau, a)$  – коэффициент промысловой смертности трески возраста  $a$  в году  $\tau$ :

$$F(\tau, a) = F_{mult}(\tau)F_{pat}(a), \quad (4)$$

где  $F_{mult}(\tau)$  – уровень промысловой смертности в году  $\tau$ ;  $F_{pat}(a)$  – доля промысловой смертности, приходящаяся на возраст  $a$ .

### Моделирование изменения численности пополнения при изменении нерестовой биомассы

Зависимость “запас-пополнение” моделировалась с использованием уравнения (Рикер, 1979):

$$R = \alpha SSB e^{-\beta \times SSB}, \quad (5)$$

где  $R$  – численность пополнения в возрасте трех лет;  $SSB$  – биомасса половозрелых рыб;  $\alpha$  и  $\beta$  – коэффициенты.

Для моделирования возможных изменений численности пополнения при изменении биомассы родительского стада в каждом конкретном году, были сделаны следующие предположения:

- расчетная кривая Рикера “запас-пополнение” отражает данную зависимость при некоторых “среднеголетних” условиях среды,
- если фактическое значение численности пополнения лежит выше кривой, то условия выживания данного поколения были благоприятными, ниже – неблагоприятными,
- чем больше расстояние между фактическим и расчетным значениями пополнения, тем больший вклад в формирование численности пополнения внесли условия выживания,
- изменения численности пополнения в конкретном году при предполагаемом изменении биомассы нерестовой части популяции будут пропорциональны ее фактическому влиянию (расстояние между фактическим и расчетным значениями пополнения для этого года).

Значения пополнения (R), нерестовой биомассы (SSB) и численности (N) трески, рассчитанные методом виртуального популяционного анализа (VPA) рабочей группой ICES, в дальнейшем для удобства изложения называем фактическими данными.

Формализация этих предположений описывается следующими уравнениями:

$$R_{\text{model}} = R_{\text{fact}} + \Delta R * K, \quad \Delta R = R_{\text{ricker}}(\text{SSB}_{\text{model}}) - R_{\text{ricker}}(\text{SSB}_{\text{fact}}), \quad (6)$$

где  $R_{\text{fact}}$  - фактическое пополнение в возрасте трех лет;  $R_{\text{ricker}}(\text{SSB}_{\text{model}})$  - пополнение по уравнению Рикера, соответствующее значению SSB, рассчитанному в модели;  $R_{\text{ricker}}(\text{SSB}_{\text{fact}})$  - пополнение по уравнению Рикера, соответствующее фактическому значению SSB; K - весовой коэффициент, определяющий вклад зависимости «запас-пополнение», обусловленный изменением нерестовой биомассы относительно оценок VPA.

Если  $R_{\text{fact}} < R_{\text{ricker}}(\text{SSB}_{\text{fact}})$ , то  $K = R_{\text{fact}} / R_{\text{ricker}}(\text{SSB}_{\text{fact}})$ ; если  $R_{\text{fact}} > R_{\text{ricker}}(\text{SSB}_{\text{fact}})$ , то  $K = R_{\text{ricker}}(\text{SSB}_{\text{fact}}) / R_{\text{fact}}$ ; а если  $R_{\text{fact}} = R_{\text{ricker}}(\text{SSB}_{\text{fact}})$ , то  $K = 1$ .

Для оценки параметров  $\alpha$  и  $\beta$  модели Рикера с учетом их изменчивости использовался метод бутстрепа. Было выполнено 500 расчетов и средние значения параметров по этим расчетам использованы при моделировании пополнения ( $\alpha = 1,80548 \pm 0,27$  и  $\beta = 8,6E-07 \pm 1,56E-07$ ).

### Моделирование изменения средней массы трески

Моделируемая биомасса запаса становится больше или меньше наблюдаемой в несколько раз. При таком изменении плотности популяции изменяется обеспеченность пищей, а следовательно, и темп роста трески. Для описания зависимости изменения роста от плотности популяции были использованы эмпирические уравнения. Наблюдаемая тенденция снижения средней массы в каждой возрастной группе при возрастании суммарной численности трески в возрасте 5-10 лет (коэффициент детерминации для различных возрастных групп составляет от 0,23 до 0,49,  $p=0,01$ ) позволяет определить параметры уравнений регрессии. Значение средней массы трески в модели определяли по формуле:

$$W_{\text{model}} = W_{\text{fact}} - a * (N_{\text{fact}} - N_{\text{model}}), \quad (7)$$

где  $W_{\text{model}}$  - моделируемое значение средней массы;  $W_{\text{fact}}$  - наблюдаемое значение средней массы;  $N_{\text{fact}}$  - фактическая численность трески возраста 5-10 лет;  $N_{\text{model}}$  - моделируемая численность трески возраста 5-10 лет; a - значение параметра в уравнении регрессии ( $a < 0$ ).

### Моделирование регулируемого промысла

При моделировании промысла, регулируемого с условием поддержания постоянного уровня промысловой смертности, расчеты выполнялись с использованием такого значения  $F_{\text{mult}}$  (уравнение 4), при котором средняя промысловая смертность трески в возрастных группах 5-10 лет ( $F_{\text{bar}}$ ) равнялась бы заданному значению.

При регулировании промысла, предполагающем сохранение постоянной биомассы нерестового запаса, уровень эксплуатации (коэффициенты промысловой смертности  $F_{\text{bar}}$ ) определялся итерационно (Третьяк, 1996) при условии:

$$\sum_{\tau=1}^n (\text{SSB}_{\text{model}(\tau)}(F_{\text{bar}}) - \text{SSB}_{\text{tr}})^2 \leq \varepsilon, \quad (8)$$

где  $\varepsilon$  - заданная малая величина. Биомасса половозрелых рыб рассчитывалась в модели по формуле:

$$SSB_{\text{model}(\tau)}(F_{\text{bar}}) = \sum_{a=\text{FirstAge}}^{\text{LastAge}} N(\tau, a)W(\tau, a)MAT(\tau, a), \quad (9)$$

где  $\tau$  - текущий год промысла на определенном шаге модели;  $SSB_{\text{tr}}$  - заданное значение биомассы половозрелых рыб;  $N(\tau, a)$  - среднегодовая численность рыбы возраста  $a$  года  $\tau$ ;  $W(\tau, a)$  - средняя масса рыбы возраста  $a$  на средину года  $\tau$ ;  $MAT(\tau, a)$  - доля половозрелых рыб в возрасте  $a$  года  $\tau$ , где

$$N(\tau, a) = \frac{N(\tau, a)}{Z(\tau, a)} (1 - e^{-Z(\tau, a)}). \quad (10)$$

Суть итерационной процедуры заключается в следующем. Задается целевое значение нерестового запаса  $SSB_{\text{tr}}$ . Рассчитывается нерестовая биомасса для каждого конкретного года при  $F_{\text{bar}}=0$  [ $SSB(F_{\text{bar}})$ ]. Если рассчитанная биомасса меньше целевой, то промысел не рекомендуется и процедура определения  $F$  заканчивается. Если  $SSB(F_{\text{bar}}=0) > SSB_{\text{tr}}$ , то итерационно на интервале  $(0, 10)$  методом деления отрезка пополам отыскивается такое значение  $F_{\text{bar}}$ , при котором выполняется неравенство (8) или разница между промысловой смертностью на разных итерациях не становится меньше заданного значения.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

### Статистическая зависимость урожайности поколений трески от биомассы нерестового запаса

На временном ряде 1946-1997 гг. мы рассмотрели изменение частоты встречаемости поколений, численность которых была меньше средней за этот период. Из вариационных рядов биомассы нерестового запаса были выбраны годы, для которых ее величина укладывалась в определенный диапазон. Для этих лет подсчитывался процент пополнений численностью ниже среднеарифметической. Границы диапазонов выбирались с учетом того, чтобы в каждый из них попадало не менее 5 точек вариационного ряда. Наибольший процент поколений численностью ниже средней характерен для диапазона  $SSB$  от 100 до 150 тыс. т (рис. 1). При повышении значений  $SSB$

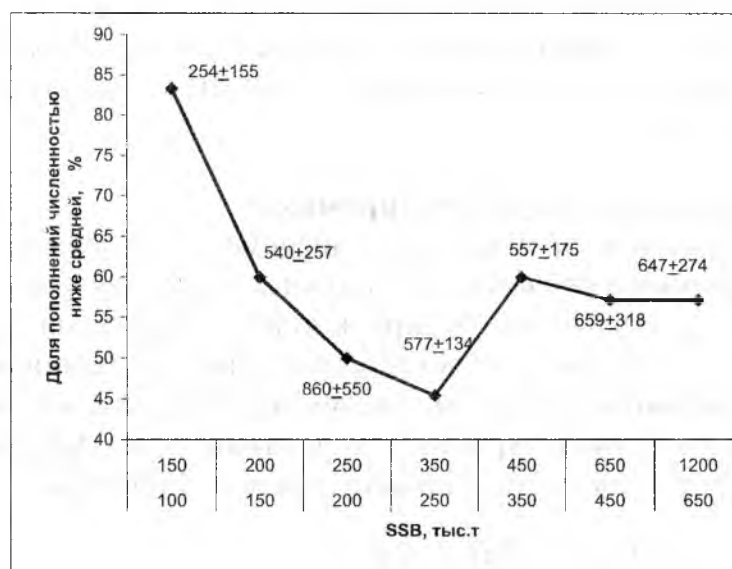


Рис. 1. Статистическая зависимость частоты появления пополнений трески в возрасте трех лет численностью ниже средней от величины биомассы нерестового запаса (цифры на графике - средняя численность пополнения, млн. экз. и 95 % доверительный интервал)

до 350 тыс. т прослеживается плавное уменьшение процента таких поколений. Дальнейшему повышению биомассы нерестового запаса соответствует некоторое возрастание частоты их появления. Средняя численность поколений, характерная для каждого выбранного диапазона, значительно снижается при уменьшении SSB с 250 до 100 тыс. т (см. рис. 1). В большинстве оставшихся диапазонов она находится на уровне среднеарифметической численности, вычисленной для всего исследуемого периода. Биомассе нерестового запаса менее 150 тыс. т соответствует средняя численность пополнения – 254 млн. экз. что вдвое ниже среднего значения за весь период.

Пополнения трески численностью менее 200 млн. экз. можно отнести к исключительно бедным. В период с 1946 по 1997 гг. таких пополнений отмечено около 10 % от общего количества. При рассмотрении зависимости частоты появления таких пополнений от биомассы нерестового запаса прослеживается четкая взаимосвязь между этими показателями (рис. 2).

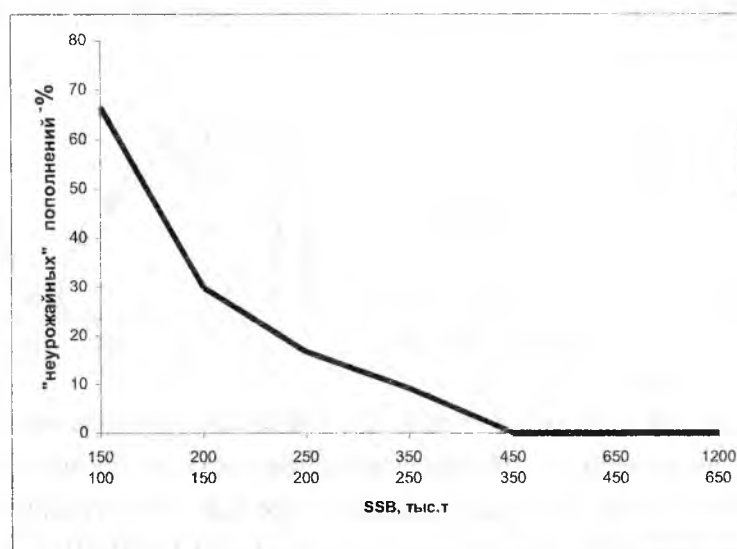


Рис. 2. Статистическая зависимость частоты появления бедных по численности (менее 200 млн. экз.) пополнений трески в возрасте трех лет от величины биомассы нерестового запаса

Таким образом, можно сделать заключение, что применение биологических ориентиров  $V_{lim}$  и  $V_{ра}$  для трески оправдано и соответствует их предназначению. Значения этих ориентиров, установленные рабочей группой (Аноп., 2001) в 2001 году ( $V_{lim} = 140$  тыс. т,  $V_{ра} = 350$  тыс. т), по-видимому, более соответствуют наблюдаемой статистической связи между биомассой нерестового запаса и численностью пополнения, чем значения, используемые ранее (112 и 500 тыс. т соответственно).

#### Регулирование промысла с использованием $V_{ра}$

Результаты моделирования промысла трески при сохранении нерестовой биомассы на уровне 375 тыс. т представлены на рисунке 3.

Динамика таких параметров популяции трески, как численность пополнения, общая и нерестовая биомассы запаса при подобном регулировании промысла в целом сходны с данными наблюдений. Можно отметить некоторое уменьшение изменчивости этих характеристик. В первую половину периода (1983-1991 гг.) по расчетам модели указанные параметры популяции были несколько выше фактических, во второй части временного периода (1992-2001 гг.) – ниже или равны им (см. рис. 3). В то же время изменчивость промысловой смертности и вылова при подобном регулировании промысла значительно возрастает. Промысловая смертность при подобном регулиро-

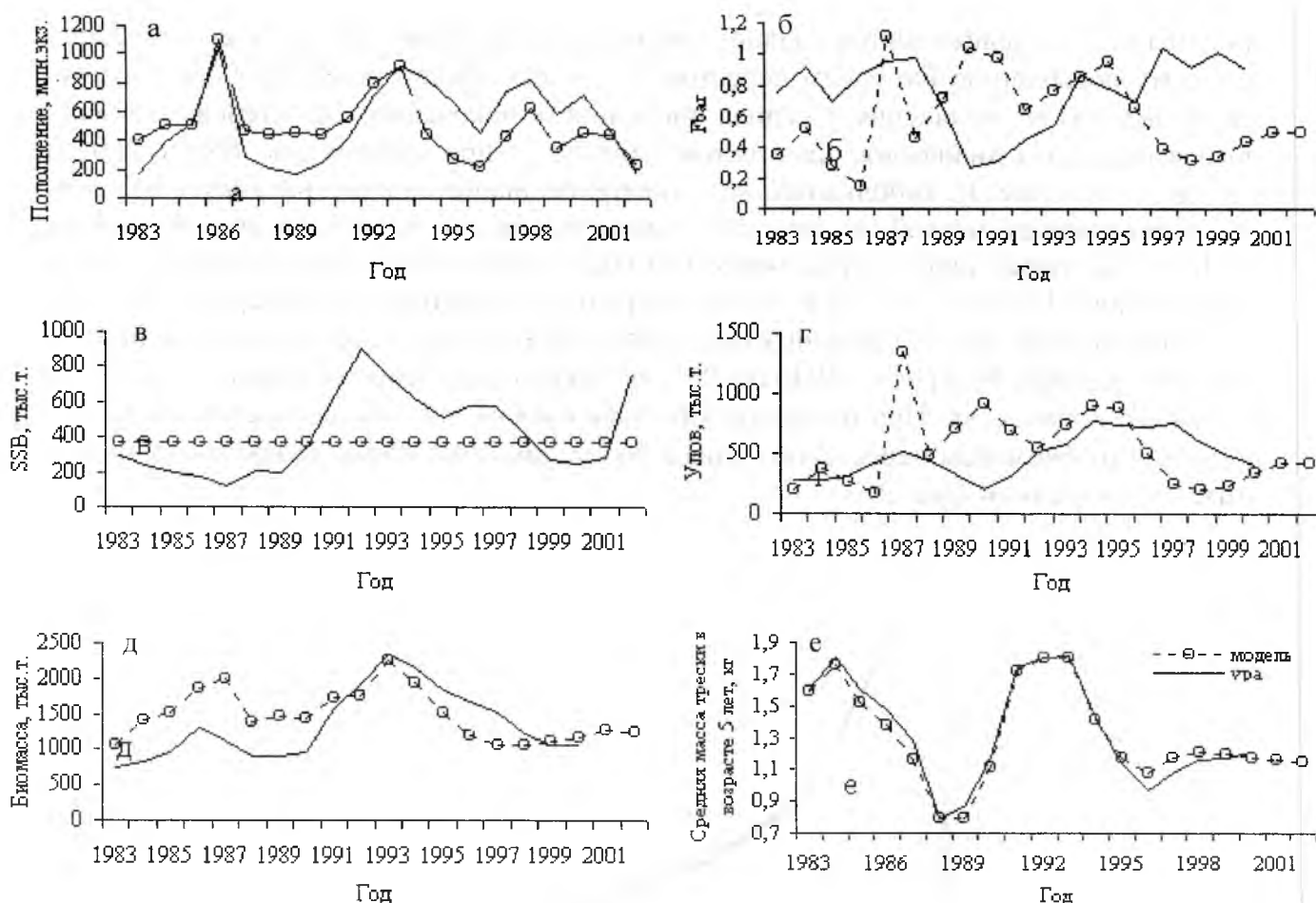


Рис.3 Изменение параметров популяции трески при фактическом и моделируемом ( $SSB=const=375$  тыс. т) промыслах: а - пополнение, б - промысловая смертность, в - биомасса нерестового запаса, г - улов, д - биомасса промыслового запаса, е - средняя масса трески в возрасте пяти лет.

Fig.3. Change of cod population parameters in actual and modeled ( $SSB=const=375$  thou. t) fisheries: а - recruitment, б - fishing mortality, в - spawning stock biomass, г - catch, д - commercial stock biomass, е - mean weight of cod aged 5

вании промысла в отдельные годы может в 2-3 раза превышать значение  $F_{ра}$ . Средняя масса трески по расчетам модели незначительно отличается от наблюдаемых значений. Использование значения 500 тыс. т в качестве ориентира при регулировании промысла приводит к весьма сходным результатам. Динамика параметров популяции и промысловых показателей остается такой же. Величины биомассы, численности пополнения и вылова становятся несколько выше. Среднегодовой улов при таком регулировании промысла составит 540 и 640 тыс. т при использовании значений  $V_{ра} = 375$  и 500 тыс. т соответственно, что несколько больше величины фактического вылова (485 тыс. т).

#### Регулирование промысла с использованием $F_{ра}=0.42$

Расчеты модели демонстрируют, что при ведении промысла с постоянным уровнем промысловой смертности  $F_{ра} = 0,42$  биомасса нерестового запаса никогда не опускается ниже 600 тыс. т (рис. 4). В среднем за период она составляет около 1 млн. т. Среднегодовой вылов достигает 780 тыс. т, что на 60 % выше фактического. Результаты моделирования показывают, что ведение промысла с постоянным уровнем промысловой смертности значительно снижает межгодовые флуктуации вылова.

В рамках модели был выполнен поиск значения промысловой смертности, которая обеспечивает максимальный улов за рассматриваемый период. Выполнены расче-



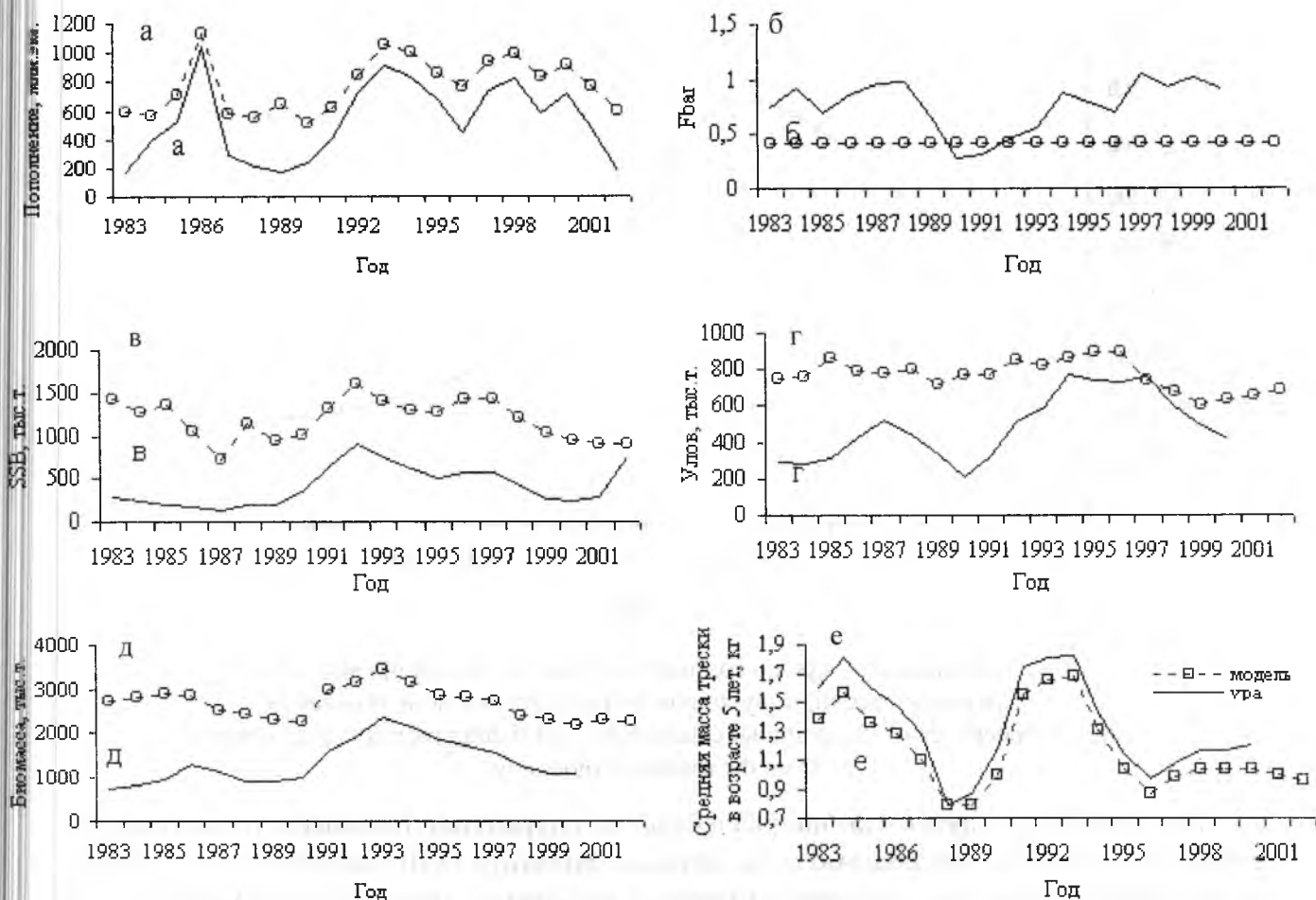


Рис.4. Изменение параметров популяции трески при фактическом и моделируемом ( $F=\text{const}=0,42$ )

промыслах: а - пополнение, б - промысловая смертность, в - биомасса нерестового запаса, г - улов, д - биомасса промыслового запаса, е - средняя масса трески в возрасте пяти лет.

Fig.4. Change of cod population parameters in actual and modeled ( $F=\text{const}=0,42$ ) fisheries:

а - recruitment, б - fishing mortality, в - spawning stock biomass, г - catch, д - commercial stock biomass, е - mean weight of cod aged five

ты с коэффициентами промысловой смертности  $F$  от 0 до 1,2 с шагом 0,05 (рис. 5). Максимальный улов 750 - 780 тыс. т достигается при уровне промысловой смертности, равном 0,35 - 0,5. Использование значения  $F_{\text{ра}} = 0,42$  соответствует максимально возможному улову для данного временного периода.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение биологического ориентира  $V_{\text{lim}}$  для трески оправдано и позволяет уменьшить вероятность появления бедных по численности поколений по причине недостаточной биомассы родительского стада. Значение этого ориентира, установленное рабочей группой ИКЕС по арктическому рыболовству в 2001 г. (140 тыс. т), более хорошо согласуется с результатами наблюдений, чем значение, определенное ранее (112 тыс. т).

Биологические ориентиры  $V_{\text{ра}}$  и  $F_{\text{ра}}$  относятся к так называемым буферным ориентирам управления интенсивностью промысла и предназначены для предотвращения ситуации, при которой фактические значения SSB и  $F$  достигнут критических величин. В настоящее время актуален поиск целевых биологических ориентиров, позволяющих получать максимальный эффект от промысла.

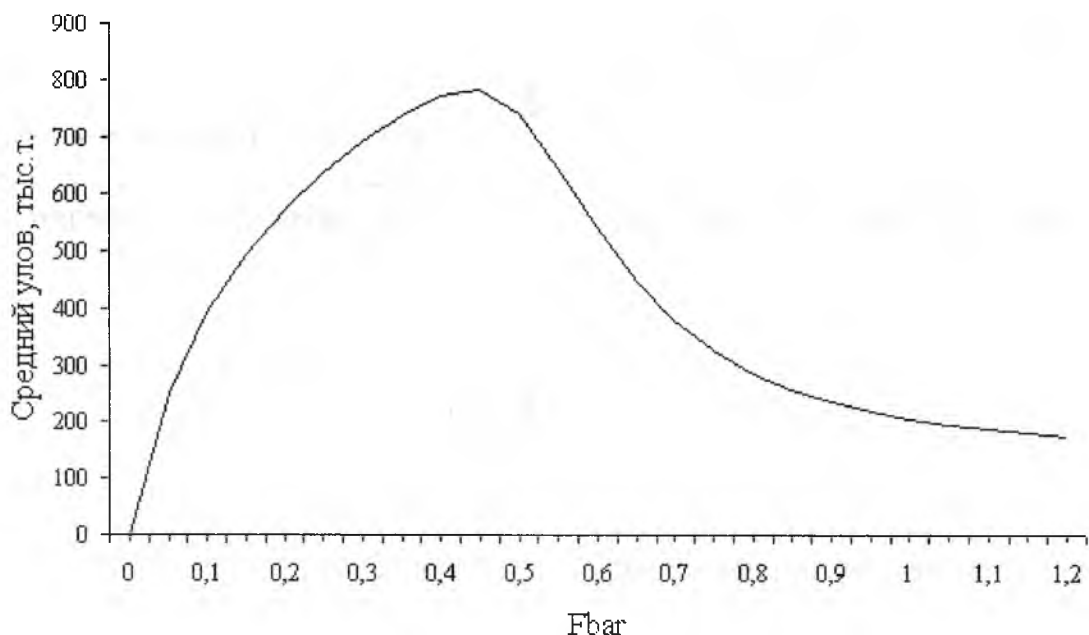


Рис.5. Зависимость среднегодового вылова от уровня промысловой смертности трески, полученная по результатам моделирования  
 Fig.5. Dependence of mean annual catch on the cod fishing mortality rate obtained from the results of modeling

Регулирование промысла, направленное на сохранение биомассы половозрелой трески на уровне  $V_{pa}$ , независимо от величины ориентира (350 или 500 тыс. т), приводит к существенному увеличению амплитуды колебаний промысловой смертности и улова. Поэтому применение данного ориентира в качестве основного нецелесообразно с точки зрения практического ведения промысла. Величина среднегодового улова при подобном регулировании несколько выше фактического значения и возрастает с увеличением значения  $V_{pa}$ . Однако уровни промысловой смертности при подобном регулировании промысла могут значительно превышать  $F_{pa}$ , что противоречит концепции предосторожного подхода.

Регулирование промысла, предусматривающее сохранение постоянного уровня промысловой смертности, приводит к уменьшению межгодовых колебаний улова. Это предполагает равномерную промысловую нагрузку на протяжении всего периода, использование приблизительно равного количества промысловых судов и стабилизацию величины улова на усилии. Такое ведение промысла будет более выгодным в сравнении с ситуацией, при которой эти показатели будут сильно варьировать, как при регулировании, направленном на поддержание постоянной биомассы нерестового запаса. В соответствии с результатами модельных расчетов при сохранении промысловой смертности, равной значению  $F_{pa}=0,42$ , среднегодовой улов близок к максимально возможному значению (780 тыс. т) и на 60 % больше наблюдаемого вылова. Таким образом,  $F_{pa} = 0,42$  не только играет роль буферного ориентира управления, но и соответствует назначению целевого ориентира, обеспечивающего максимизацию среднегодового улова.

Схема управления, предусмотренная предосторожным подходом, является для трески наиболее предпочтительной. Совместное применение ориентиров  $F_{pa}$  и  $V_{pa}$  позволит стабилизировать улов и количество обеспечивающих его промысловых усилий, а также существенно уменьшить вероятность появления бедных по численности поколений.

## ЛИТЕРАТУРА

**Бабаян В.К.** Предосторожный подход к оценке общего допустимого улова. М. Изд-во ВНИРО, 2000, 192 с.

**Рикер У.Е.** Методы оценки и интерпретация биологических показателей популяций рыб. М. Пищевая промышленность. 1979. 408 с.

**Третьяк В.Л.** Рекомендации по регулированию промысла северо-восточной арктической трески / Треска Баренцева моря (биолого-промысловый очерк) /В.Д. Бойцов и др. Мурманск: Изд-во ПИНРО. 1996. 285 с.

**Анон.,**1997. Report of the Comprehensive Fishery Evaluation Working Group. ICES Doc. C.M. 1997/Assess: 15.

**Анон.,** 1999. Report of the Arctic Fisheries Working Group. ICES Doc. C.M. 1999/ Assess: 3.

**Анон.,** 2000. Report of the Arctic Fisheries Working Group. ICES Doc. C.M. 2000/ Assess: 3.

**Анон.,** 2001. Report of the Arctic Fisheries Working Group. ICES Doc. C.M. 2001/ ACFM 19.