

УДК 597.562–152.6.08 (268.45)

**Оценка уровней эксплуатации запаса северо-восточной арктической трески, соответствующих различным целям управления**Ю. А. Ковалёв<sup>1</sup>, Н. С. Клецова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н. М. Книповича (ПИНРО, г. Мурманск)

<sup>2</sup> Мурманский государственный гуманитарный университет (МГГУ, г. Мурманск)

e-mail: kovalev@pinro.ru

Разработана биоэкономическая модель динамики системы запас-промысел для северо-восточной арктической трески *Cadus morhua morhua*. В рамках модели оценены: максимальный долгосрочный улов — 655 тыс. т. и соответствующий уровень промысловой смертности  $F = 0,48$ ; максимальная среднегодовая прибыль от промысла трески — 13,7 млрд руб., получаемая при  $F = 0,23$ ; уровень промысловой смертности, при котором достигается максимальная трудовая занятость в рыбодобывающей отрасли, при нулевом уровне рентабельности  $F = 0,85$ . Анализ модели показал, что существующий режим эксплуатации запаса трески, основанный на целевой смертности трески  $F = 0,4$  соответствует целям максимизации вылова и прибыли.

**Список сокращений:** СВА треска — северо-восточная арктическая треска, ИКЕС — международный совет по исследованию моря, MSY — максимальный устойчивый улов, СРНК — Смешанная Российско-норвежская комиссия по рыболовству.

**Ключевые слова:** треска, Баренцево море, модель, максимальный устойчивый улов, максимальная прибыль.

**ВВЕДЕНИЕ**

Управление рыбным промыслом может иметь разные стратегические цели: биологические, экономические и социальные [Хилборн, Уолтерс, 2001]. До недавнего времени в районе ответственности Международного совета по исследованию моря основой регулирования являлось соблюдение принципа предосторожного подхода [ICES, 2003]. При этом эксплуатация большинства промысловых запасов осуществлялась на максимально возможном уровне, допустимом при единственной цели управле-

ния — недопущение перелова по пополнению [Бабаян, 2000]. В последние годы ИКЕС также выполняет оценку целевых ориентиров управления, обеспечивающих максимальный устойчивый улов (т.н. MSY-ориентиры) [ICES, 2010], и включает их в свои рекомендации по промыслу. При этом предполагается, что соблюдение принципа предосторожного подхода является первостепенной задачей, а целевой ориентир  $F_{MSY}$  не должен быть выше  $F_{pa}$ .

В 2012 г. ИКЕС принял ориентиры MSY для северо-восточной арктической трески

[ICES, 2012]. Таким образом, рекомендации по промыслу этого вида позволяют реализовать две цели управления: поддержание запаса в биологически безопасных границах и обеспечение максимального устойчивого улова. Смешанная Российско-норвежская комиссия по рыболовству, осуществляющая регулирование рыболовства в Баренцевом море, принимает обе эти цели как стратегические [Основные принципы..., 2002]. Вместе с тем стратегия СРНК, сформулированная в данном документе, декларирует и другие цели управления запасами Баренцева моря в целом и трески в частности. К числу важных задач отнесены также: «обеспечение устойчивого развития рыбной промышленности» и «обеспечение устойчивого социального развития». Кроме того, упоминается, хотя и не декларируется формально, «достижение максимально возможной экономической выгоды», что может способствовать достижению «устойчивого развития» [Основные принципы..., 2002]. Известно, что достижение максимального устойчивого улова, либо максимальной прибыли от промысла, либо обеспечение максимальной трудовой занятости населения, имеющей отношение к «устойчивому социальному развитию», являются, как правило, целями противоречащими друг другу, и необходим поиск разумного баланса между ними [Хилборн, Уолтерс, 2001; Титова, 2003]. Для начала необходимо определить уровни эксплуатации, соответствующие достижению вышеуказанных целей.

Цель работы — определить уровни промысловой смертности СВА трески, соответствующие максимальной прибыли от эксплуатации запаса и обеспечивающие максимальную трудовую занятость на промысле. Метод решения поставленной задачи — моделирование динамики популяции и промысла, включая его экономические параметры.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Оценки численности, биомассы нерестового запаса, коэффициентов естественной и промысловой смертности (годовые мгновенные коэффициенты смертности), средней массы одного экземпляра и доли половозрелых рыб в каждой возрастной группе приведены по материалам Рабочей группы ИКЕС по арктиче-

скому рыболовству за 2011 г. [ICES, 2011]. Использованы данные о динамике численности трески и значения биологических параметров за период с 1946 по 2010 гг. Исключение составляют оценка уровня каннибализма, имеющаяся для периода после 1984 г.

Аппроксимация приводимых в работе зависимостей математическими функциями, статистические расчёты и построение модели баренцевоморской популяции СВА трески и моделирование промысла, выполняли с помощью программных средств Excel.

В работе использована модель динамики численности и промысла СВА трески, разработанная для оценки её максимального устойчивого улова [Ковалёв, Коржев 2002; Kovalev, Bogstad, 2005; Ковалёв, 2006]. Данная модель была протестирована на реалистичность и в неё внесены некоторые изменения. По результатам тестирования был исключён блок моделирования зависимости скорости полового созревания от плотности популяции, изменена модель «запас — пополнение», а естественная смертность в «плюс группе» (возраст 13 лет и старше) принята равной 1,0. В данной работе описываются только элементы модели, отличающиеся от её версии, используемой ранее [Ковалёв, 2006].

Стартовым годом модели был выбран 2004. Расчёты по модели выполняли на сто лет вперёд, с шагом 1 год. Для анализа использовали данные за последние 50 лет, чтобы исключить влияние стартовых значений на результат.

Для описания изменения численности пополнения трески (возраст 3 года) в зависимости от изменения биомассы нерестового запаса, была использована функция Бивертон-Холта [Beverton, Holt, 1957]. Описание диапазона возможной изменчивости пополнения выполнено методом Бутстрепа [Haddon, 2001], при этом на каждом шаге модели к пополнению, вычисленному по уравнению Бивертон-Холта, добавлялось отклонение, случайно выбранное из наблюдавшихся ранее значений.

Разработан «экономический блок» модели, позволяющий оценить затраты на промысел и прибыль. Данные о производительности судов на промысле трески и структура российского промыслового флота по типам судов, участвующих в промысле, взяты из базы дан-

ных ПИНРО, обобщённой в «Обзорах хода промысла» за период с 2003 по 2010 гг.

В модели оценивалось изменение суммы прибыли судов всех типов (в дальнейшем обозначается как «прибыль») в зависимости от выбранного уровня эксплуатации/значения промысловой смертности  $F$ . Величина прибыли от промысла оценивалась как средне-многолетний (за последние 50 лет) показатель по результатам расчётов в модели.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

**Экономический блок модели.** Состав промыслового флота и моделируемый вылов судами разного типа. Доли судов разного типа в общем вылове трески рассчитаны по данным из «Обзоров хода промысла» как средние за период с 2003 по 2010 гг. (табл. 1).

Основная масса улова трески была получена судами 7 типов. Вылов судами остальных типов не превышал 2% каждым из них и составил около 4% в совокупности. В модели учитывалось только участие судов, имеющих более 2% от вылова, т.е. сделано допущение о том, что промысел трески ведётся только российскими промысловыми судами перечисленных в таблице 1 основных типов. Структура промыслового флота и распределение квот между судами разных типов приняты постоянными во времени и равны средне-многолетним за период 2003–2010 гг. Таким образом, вылов трески судами каж-

дого из основных 7 типов в модели рассчитывался как постоянная доля (см. табл. 1) от моделируемого ОДУ.

Вылов пересчитывался в продукцию с использованием переводного коэффициента из сырья в рыбопродукцию, используемый СРНК [Протокол..., 2010], — 1,5. Таким образом, для упрощения модели сделано допущение о том, что вся продукция выпускается в виде замороженной потрошёной трески без головы, в связи с тем что данный тип производимой из трески продукции преобладает в настоящее время.

**Стоимость судо-суток промысла.** Получение данных о стоимости судо-суток промысла весьма затруднительно в связи с тем, что они, как правило, составляют коммерческую тайну предприятия. Это вынуждает исследователей, анализирующих экономическую составляющую промысла трески, ориентироваться в большей степени на методики расчёта, использующие данные о расходе топлива судами разного типа и его цене [Комличенко и др., 2008, Шевченко, Беляев, 2009]. Однако при таком подходе не учитываются расходы на оплату труда экипажей судов, эксплуатационные расходы, стоимость промвооружения и многое другое, что приводит к существенному занижению себестоимости продукции при попытке её вычисления. В данной работе использованы имеющиеся в ПИНРО немногочисленные данные опро-

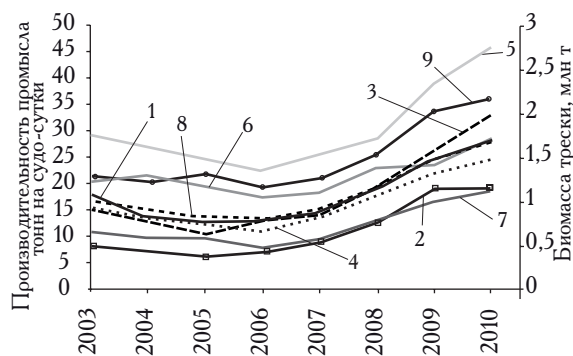
**Таблица 1.** Доли в общем вылове, средняя стоимость судо-суток промысла и производительность судов разного типа на промысле трески в 2003–2010 гг.

Тип судна	Доля в общем вылове трески	Среднегодовая производительность, т/судо-сутки промысла	Коэффициент относительной производительности	Средняя стоимость судо-суток промысла, тыс. руб.*
ПСТ-М	0,15	17,9	0,99	362
СРТМ	0,18	11,0	0,61	336
СТМ	0,16	18,0	0,99	349
СТРА	0,03	12,0	0,67	298
КРМТ	0,08	21,5	1,19	387
Н/С-1	0,12	16,2	0,90	382
Н/С-2	0,24	30,1	1,66	476
Прочие	0,04			
Средняя		18,1	1,0	

\* — усреднённые данные за 2011 г. по результатам опроса некоторых судовладельцев

сов судовладельцев о стоимости судо-суток при промысле трески в 2011 г. (см. табл. 1). Результаты опросов достаточно противоречивы и при получении средних величин корректировались экспертами.

**Производительность промысла.** Анализ данных об усреднённой по годам производительности судов основных 7 типов показал, что её изменение синхронно во времени и хорошо



**Рис. 1.** Среднегодовая суточная производительность судов основных типов на траловом промысле трески, средняя производительность для судов всех типов и биомасса трески возрастов 5–10 лет на начало года: 1 — ПСТ-М; 2 — СРТМ; 3 — СТМ; 4 — Н/С-1; 5 — Н/С-2; 6 — КРМТ; 7 — СТРА; 8 — Средняя производительность; 9 — Биомасса трески

коррелирует с биомассой трески в возрасте 5–10 лет, составляющей основу уловов отечественного флота (рис. 1).

Высокий, статистически значимый коэффициент корреляции ( $r = 0,97$ ) позволяет использовать биомассу трески данных возрастных групп для моделирования изменения производительности промысла:

$$CPUE = 11,255 \times B_{5-10} + 0,8545, \quad (1)$$

где  $CPUE$  — среднегодовая суточная производительность судов всех типов на промысле трески (тонн на судо-сутки промысла),  $B_{5-10}$  — биомасса трески в возрасте 5–10 лет на начало года (млн т).

Принимая во внимание синхронность изменения производительности судов разных типов, рассчитываемая по модели средняя производительность приводилась к произво-

дительности судов каждого из основных типов с использованием усреднённого их соотношения (коэффициента относительной производительности в табл. 1).

Существуют объективные причины, ограничивающие производительность промысла. Она не может быть ниже уровня рентабельности, поскольку предприятия не могут вести убыточный промысел, и также не может превышать возможностей переработки рыбы на судне. В связи с этим в рассматриваемой в данной работе модели производительность промысла судов каждого типа была ограничена максимальной и минимальной наблюдавшимися величинами.

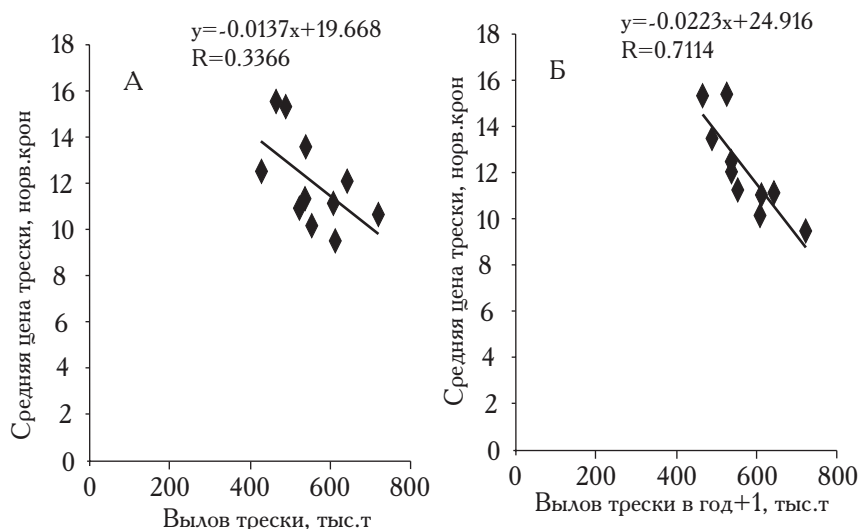
**Расходы на ведение промысла.** Таким образом, общие затраты на ведение промысла судами определённого типа в каждом моделируемом году рассчитывались как:

$$R_{fleet} = C_{fleet} / (CPUE \times k_{fleet}) \times r_{fleet}, \quad (2)$$

где  $C_{fleet}$  — вылов, полученный судами определённого типа (флотом  $fleet$ ) и равный моделируемому общему вылову, умноженному на постоянный коэффициент, отражающий долю данного флота в общем вылове (см. табл. 1);  $k_{fleet}$  — постоянный коэффициент, отражающий отношение производительности данного флота к средней производительности всего промыслового флота (см. табл. 1);  $r_{fleet}$  — средняя стоимость судо-суток промысла судов данного типа (см. табл. 1).

**Стоимость продукции.** Наиболее полные и однородные данные о средней стоимости трески в первом звене продаж (оптовые цены) доступны на норвежском сайте объединения по сбыту рыбы-сырца [www.rafisklaget.no](http://www.rafisklaget.no).

Сравнение цен на треску с объёмом её вылова позволяет выявить отрицательную линейную зависимость между ними (рис. 2). Теснота этой связи может существенно меняться в зависимости от того, за какой период рассматриваются данные. Сравнение временной изменчивости вылова трески и средней цены позволяет заметить некоторое смещение (рис. 2А и 2Б). Так, зависимость цены от величины вылова следующего года оказалась более сильной, чем от вылова текущего года, и коэффициент детерминации для этих данных за период 2001–2011 гг. составил



**Рис. 2.** Среднегодовая цена 1 кг трески в первом звене продаж (оптовая цена) по данным норвежского сайта объединения по сбыту рыбы-сырца в 2001–2011 гг. и вылов трески в тот же год (А) или на следующий год (Б)

$r^2 = 0,71$  (рис. 2Б). На первый взгляд, такая зависимость кажется случайной, но, принимая во внимание реакцию современного рынка на прогнозы, мы считаем, что она может оказаться вполне закономерной. Например, в текущем 2012 г. новости о возможном существенном увеличении квоты трески Баренцева моря в 2013 г. стали причиной существенного падения цен на треску уже в начале лета, когда стали известны рекомендации ИКЕС на следующий год. Несмотря на существенные различия в тесноте связи между величиной вылова трески и её ценой в зависимости от того, какой период мы используем для оценки параметров линейной регрессии, или от того, используем ли мы сдвиг ряда вылова на +1 год, значения параметров линейной регрессии довольно близки. Для простоты реализации в модели зависимости цены трески от величины вылова использована её зависимость, оценённая на всём ряде доступных данных (2001–2011 гг.) и без смещения во времени:

$$P_y = -0,0137 \times C_y + 19,668, \quad (3)$$

где  $P$  — оптовая цена трески в году  $y$  (в рублях по курсу 2012 г.);  $C$  — вылов трески (тыс. т) в году  $y$ .

Оптовая цена 1 кг трески зависит также от массы рыбы. По данным, полученным с сайта [www.rafisklaget.no](http://www.rafisklaget.no), были рассчитаны коэффи-

**Таблица 2.** Коэффициенты соотношения цены трески соответствующего веса к её средней цене без разделения на весовые категории

Вес трески	Коэффициент
до 1 кг	0,754
1–2,5 кг	1,038
Более 2,5 кг	1,208

циенты для перехода от общей цены трески, моделируемой по уравнению (3), к цене рыбы соответствующей весовой группы (табл. 2).

Общая стоимость продукции, полученной судами определённого типа в каждом моделируемом году, в общем виде рассчитывалась как:

$$I_{fleet} = C_{fleet} / 1,5 * P. \quad (4)$$

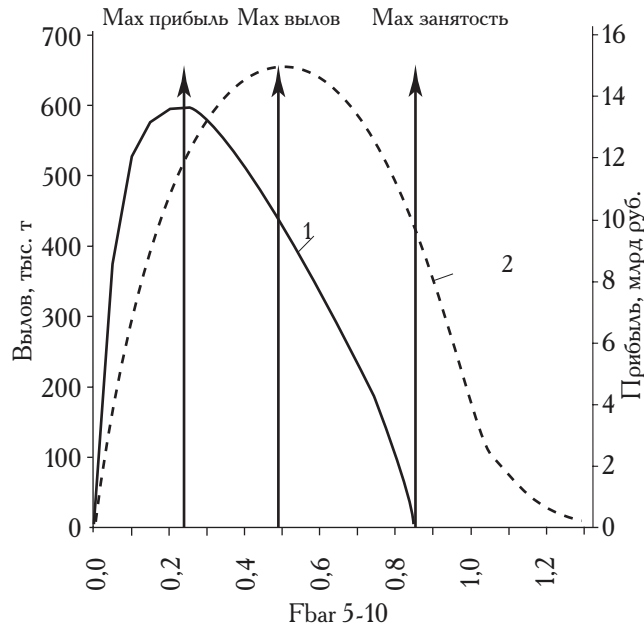
Расчёт стоимости продукции выполнялся отдельно для каждой возрастной группы и с учётом среднего веса рыбы, в соответствии с которым подбирался коэффициент корректировки цены (см. табл. 2).

**Прибыль.** Чистая прибыль — это валовая прибыль минус налог на прибыль (с 1 января 2009 г. налог на прибыль равен 20%). Расчёт общей прибыли от промысла трески, полученной судами каждого типа, выполнялся как:

$$TI_{fleet} = (I_{fleet} - R_{fleet}) \times (1 - N), \quad (5)$$

где  $N$  — ставка налога на прибыль (в долевом исчислении).





**Рис. 3.** Зависимость усреднённых значений улова и чистой прибыли от промысловой смертности (стрелками отмечены уровни смертности, соответствующие максимальным улову, прибыли и занятости населения;  $F_{\text{bar } 5-10}$  — средняя промысловая смертность в возрастных группах от 5 до 10 лет)  
1 — Чистая прибыль; 2 — Средний вылов

### ОЦЕНКА УРОВНЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРЕСКИ, СООТВЕТСТВУЮЩИХ МАКСИМАЛЬНОМУ УЛОВУ, МАКСИМАЛЬНОЙ ПРИБЫЛИ И МАКСИМАЛЬНОЙ ТРУДОВОЙ ЗАНЯТОСТИ

Оценка максимального устойчивого улова, рассчитываемая средним уловом за последние 50 лет моделируемого периода, составила около 655 тыс. т, а соответствующий ей уровень промысловой смертности — 0,48 (рис. 3). Данные оценки очень близки к результатам, полученным ранее [Ковалёв, 2006]. Кривая зависимости улова от промысловой смертности имеет относительно пологий максимум и моделируемый вылов близок к максимальному в диапазоне  $F$  от 0,4 до 0,6. Максимум чистой прибыли составил 13,7 млрд руб. и достигался при уровне промысловой смертности — 0,23. Максимальная трудовая занятость в рыбодобывающей отрасли, соответствующая нулевому уровню рентабельности продукции (отношение чистой прибыли к полной себестоимости, выраженное в процентах [Бригхэм, Эрхардт, 2007]), достигается при промысловой смертности, равной 0,85.

При уровне эксплуатации, обеспечивающем максимальную прибыль, среднесноголетний улов снижается на 23% (до 503 тыс. т),

по сравнению с максимальным возможным его значением. Уровень рентабельности продукции при таком режиме эксплуатации составит около 160%. В свою очередь, при эксплуатации запаса, ориентированной на максимум вылова, прибыль сокращается на 26% (до 10,1 млрд руб.). Уровень рентабельности продукции при этом сократится до 70%. Промысловый запас трески при максимизации вылова будет находиться на уровне около 2,1 млн т, а средняя величина нерестового запаса составит 540 тыс. т. При режиме, обеспечивающем максимальную прибыль, они составят — 2800 и 1100 тыс. т соответственно. При максимальной трудовой занятости промысловый запас будет на уровне 890, нерестовый — 136 тыс. т.

Компромиссный вариант режима эксплуатации при сочетании целей максимизации вылова и прибыли может быть выбран в диапазоне промысловой смертности 0,3–0,4. При этом снижение вылова и чистой прибыли от промысла (относительно их максимально возможных значений) будет менее значительным.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённый модельный анализ показывает, что при регулировании промысла СВА

трески, ориентированном на получение максимального вылова, уровень эксплуатации запаса (промысловой смертности) должен находиться в диапазоне от 0,4 до 0,6.

Максимальная прибыль от промысла трески может быть получена при более низкой промысловой смертности — 0,23, т.к. при таком режиме эксплуатации средняя цена трески будет выше вследствие сокращения объёма вылова, в то время как производительность промысла возрастёт, и соответственно, снизятся затраты на промысел.

При компромиссном варианте стратегии эксплуатации, учитывающем и величину вылова, и прибыль, уровень эксплуатации может находиться в диапазоне 0,3–0,4.

При постановке социальных задач во главу стратегии эксплуатации максимум трудовой занятости в рыбодобывающей отрасли достигается при нулевом уровне рентабельности и промысловой смертности, равном 0,85. Однако такой режим эксплуатации имеет повышенный риск подрыва запаса, т.к. уровень смертности будет выше ориентиров предосторожного подхода  $F_{ра}$  и  $F_{lim}$ , и следовательно, риск подрыва запаса по пополнению будет недопустимо высок. Кроме того, при подобном режиме эксплуатации вылов будет существенно (на 40%) ниже максимально возможного.

Согласно расчётам модели, существующий режим эксплуатации запаса трески, основанный на целевой смертности трески 0,4, обеспечивает эксплуатацию запаса, соответствующую цели максимизации вылова, а также позволяет получать прибыль, близкую к максимально возможной.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Бабаян В. К. 2000. Предосторожный подход к оценке общего допустимого улова. М.: Изд-во ВНИРО. 192 с.
- Бригхэм Ю., Эрхардт М. 2007. Анализ финансовой отчётности // Финансовый менеджмент. Financial management: Theory and Practice. 10-е изд. / Пер. с англ. под. ред. к.э.н. Е. А. Дорофеева. СПб.: Питер. С. 131.
- Протокол 39-й сессии Смешанной Российско-норвежской комиссии по рыболовству, 2010 г.
- Ковалёв Ю. А., Коржев В. А. 2002. Модель регулирования промысла лоботено-баренцевоморской трески // Вопросы рыболовства. Т. 3. № 2 (10). С. 264–276.
- Ковалёв Ю. А. 2006. Оценка максимального устойчивого улова северо-восточной арктической трески // Вопросы рыболовства. Т. 7, № 2 (26). С. 251–266.
- Комличенко В. В., Лукманов Э. Г., Шевченко В. Т., Громов М. С., Фомин С. Ю., Шевченко В. В. 2008. Биоэкономическая эффективность использования водных биологических ресурсов Баренцева моря // Вопросы рыболовства. Т. 9. № 2 (34). С. 406–430.
- «Основные принципы и критерии долгосрочного, устойчивого управления живыми морскими ресурсами в Баренцевом и Норвежском морях» // Приложение 11 к протоколу 31-й сессии Смешанной Российско-норвежской комиссии по рыболовству. 2002.
- Титова Г. Д. 2003. Биоэкономические проблемы рыболовства: экономические и правовые проблемы. СПб. 77 с.
- Хилборн Р., Уолтерс К. 2001. Количественные методы оценки рыбных запасов. Выбор, динамика и неопределённость. Избранные главы / Пер. с англ. В. П. Максименко; под ред. В. С. Левина. СПб.: Политехника. 228 с.
- Шевченко В. В., Беляев В. А. 2009. Биоэкономика промышленного рыболовства Баренцева моря. 2-е изд. Мурманск: МГТУ. 306 с.
- Beverton R. J. H., Holt J. S. 1957. On the Dynamics of Exploited Fish Populations // Fisheries Invest. London. Ser. 2. 533 p.
- Haddon M. 2001. Modelling and Quantitative Methods in Fisheries / CRC Washington D. C. Chapman & Hall. 406 p.
- ICES. 2003. Report of the Study Group on the Further Development of the Precautionary Approach to Fishery Management. 2–6 December 2002, Copenhagen. ICES C.M. 2003/ACFM:09. 144 p.
- ICES. 2010. Report of the Workshop on Implementing the ICES  $F_{MSY}$  framework. 2-26 March 2010, Copenhagen, Denmark. ICES C.M. 2010/ACOM:54. 83 p.
- ICES. 2011. Report of the Arctic Fisheries Working Group (AFWG). 28 April — 4 May 2011, Hamburg, Germany. ICES CM 2011/ACOM:05. 659 p.
- ICES. 2012. Advice.
- Kovalev Y., Bogstad B. 2005. Evaluation of Maximum Long-Term Yield for Northeast Arctic Cod // Proceedings of the 11th Joint Russian-Norwegian Symposium: Ecosystem Dynamics and Optimal Long-Term Harvest in the Barents Sea Fisheries. 15–17 August 2005, Murmansk, Russia. IMR/PINRO Report series 2/2005. P. 138–157.

## Evaluation of Northeast Arctic Cod Stock Harvest Rates Corresponding to Different Management Objectives

*Yu.A. Kovalev<sup>1</sup>, N.S. Kleptsova<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Polar Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography (PINRO, Murmansk)

<sup>2</sup> Murmansk State Humanities University (MSHU, Murmansk)

e-mail: kovalev@pinro.ru

A model of population and fisheries dynamics for the Northeast Arctic cod (*Gadus morhua morhua*) in the Barents Sea was developed. The model based assessments include: maximum sustainable yield (655,000 t) and corresponding fisheries mortality level (F) (0.48); maximum mean annual profit of cod fisheries (13.7 bln RUR) with  $F = 0.23$ ; fisheries mortality level corresponding to maximum employment in fisheries  $F = 0.85$ . The existing cod exploitation level based on 0.4 target mortality level promotes for achieving the objectives to maximize catch and profit.

**Key words:** cod, the Barents Sea, model, maximum sustainable yield, maximum profit.