

ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ

УДК 597.585.2–152.6.08 (261.43)

**ОЦЕНКА МАКСИМАЛЬНОГО УСТОЙЧИВОГО УЛОВА МОРСКИХ ОКУНЕЙ
РОДА *SEBASTES* С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФУНКЦИИ УЛОВА НА РЕКРУТА**

© 2020 г. М. В. Почтарь

Полярный филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства
и океанографии (ПИНРО), г. Мурманск, 183038
e-mail: pochtar@pinro.ru

Поступила в редакцию 15.07.2019 г.

Объект исследования — морские окуни банки Флемиш-Кап статистического района НАФО ЗМ Северо-Западной Атлантики. Цель работы — определить возможный максимальный устойчивый вылов и оптимальную величину промысловой смертности морских окуней, с использованием функции улова на рекрута. Выполнена оценка целевых биологических ориентиров F_{\max} и $F_{0,1}$ для запаса морских окуней банки Флемиш-Кап и исследована устойчивость значений этих ориентиров в зависимости от изменения параметров функции улов на рекрута. Показано, что оптимальный среднегодовой улов зависит от величины пополнения, может быть получен при эксплуатации объекта с промысловой смертностью от 0,08 до 0,2 и составлять 10–18 тыс. т в зависимости от величины пополнения. При этом запас будет сохраняться в биологически безопасных границах (нерестовая биомасса будет находиться в диапазоне 20–40 тыс. т).

Ключевые слова: морские окуни рода *Sebastes*, банка Флемиш-Кап, численность, моделирование, функция, рекруты, промысловая смертность.

ВВЕДЕНИЕ

Три вида морских окуней: глубоководный окунь-клювач (*Sebastes mentella*), золотистый морской окунь (*Sebastes marinus*) и американский окунь (*Sebastes fasciatus*) населяют банку Флемиш-Кап. Из-за внешнего сходства, окунь-клювач и американский окунь объединяют в группу «клюворылый окунь». Оценка запаса проводится для «клюворылого» окуня, так как он составляет более 90% улова.

Основной информацией для оценки состояния запаса морских окуней в микро-районе ЗМ являются ежегодные стратифицируемые донные траловые съемки, проводимые Европейским союзом (ЕС) с 1989 г. С конца 1990-х гг. результаты оценки запаса морских окуней различными математическими моделями (в основном используется метод ХСА (расширенный анализ выживания) ежегодно рассматриваются на Научном Совете НАФО при принятии решения о статусе

запаса и величине ОДУ, а также для анализа возможного состояния запаса при различных сценариях промысла.

С помощью функции «улова на рекрута» (YPR) выполнена оценка биологических ориентиров промысловой смертности ($F_{0,1}$ и F_{\max}) для запаса морских окуней банки Флемиш-Кап. Исследована зависимость изменения их значений от изменения параметров функции YPR (скорости роста, естественной смертности и модели эксплуатации), рассчитана величина возможного долгосрочного вылова, и даны рекомендации по оптимальному управлению промыслом морских окуней в зависимости от величины пополнения запаса.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Статистические данные отечественного и международного промысла морских окуней на банке Флемиш-Кап за 1956–

2016 гг. взяты из базы данных судовых суточных донесений ПИНРО, а также баз данных НАФО по статистике промысла STATLANT 21A и STATLANT 21B.

Одним из подходов, часто используемых при регулировании промысла многих видов рыб, является анализ функции улова на единицу пополнения (рекрута) от коэффициента промысловой смертности и расчет значений биологических ориентиров промысловой смертности $F_{0,1}$ и F_{max} (Beverton, Holt, 1957). Этот подход основывается на определенных гипотезах, основными из которых являются постоянство пополнения, параметров роста и естественной смертности в условиях уравновешенного промысла. Улов на единицу пополнения характеризует продукционную способность запаса (способность обеспечить некоторый вылов с единицы пополнения).

Анализ улова на рекрута для окуней банки Флемиш-Кап проводился с помощью модели численности популяции, использующей постоянную промысловую смертность по возрастам и постоянное пополнение. Такая популяция в начале каждого года будет иметь один и тот же возрастной состав, при котором численность каждой когорты равна количеству особей, выживших за время ее существования. По Бивертону и Холту (Beverton, Holt, 1957) популяция находится в равновесии и, в частности, ежегодно попол-

няется одним и тем же количеством особей. Соответственно средняя годовая численность популяции равна сумме численностей составляющих ее поколений.

Зависимость улова на рекрута позволяет оценить долговременные ориентиры по промысловой смертности на основании только веса особей в улове (по возрастам), промысловой и естественной смертности. Отношение запас-пополнение игнорируется, и равновесный улов рассчитывается на 1 рекрута.

Анализ кривой YPR в сочетании с кривой «нерестовая биомасса на рекрута» (SSB/R) позволяет оценить ориентиры управления по биомассе и промысловой смертности F (Serchuk, 1997):

$F_{0,1} - F$, при котором наклон кривой Y/R составляет 10% ее наклона в начале координат;

F_{max} — промысловая смертность, при которой кривая улова на рекрута имеет максимум;

$F_{50\%SPR}$ — промысловая смертность, при которой нерестовая биомасса на рекрута составляет 50% от ее значения, когда промысловая смертность равна нулю.

Кривая YPR рассчитывается по формулам, в которых коэффициент естественной смертности M принят постоянным для всех возрастов и лет, а масса одной особи W_a зависит от возраста a.

$$YPR = \sum_{a=FirstAge}^{LastAge} e^{-\sum_{i=FirstAge}^{a-1} S_i F_{Mult} + M} W_a \frac{S_a F_{Mult}}{S_a F_{Mult} + M} (1 - e^{-S_a F_{Mult} - M}) + YPR_{PlusGrp}, \quad (1)$$

$$YPR_{PlusGrp} = e^{-\sum_{i=FirstAge}^{a-1} S_i F_{Mult} + M} W_{plusGrp} \frac{S_{plusGrp} F_{Mult}}{S_{plusGrp} F_{Mult} + M} \times E (1 - e^{-S_{plusGrp} F_{Mult} - M}) \frac{e^{-S_{plusGrp} F_{Mult} - M}}{e^{-S_{plusGrp} F_{Mult} - M} - 1}, \quad (2),$$

где a — возраст, лет;

W_a — средняя масса одного экземпляра в возрасте a, в запасе, кг;

S_a — коэффициент селективности в возрасте a;

M — постоянный коэффициент естественной смертности,

F_{mult} — F-множитель (определяет уровень промысловой смертности).

Нерестовая биомасса на пополнение (SPR) рассчитывается по следующей формуле:

$$SPR = \sum_{a=FirstAge}^{LastAge} \left(e^{-\sum_{i=FirstAge}^{a-1} S_i F_{Mult} + M} W_a Mat_a \right) + e^{-\sum_{i=FirstAge}^{a-1} S_i F_{Mult} + M} W_{plusGrp} Mat_{plusGrp} \frac{-e^{-S_{plusGrp} F_{Mult} - M}}{e^{-S_{plusGrp} F_{Mult} - M} - 1}, \quad (3),$$

где Mat_a — доля половозрелых особей в возрасте a .

Промысел морских окуней на банке Флемиш-Кап в течение 1956–2016 гг. значительно изменялся. В первые годы промысла (1957–1959 гг.) вылов составлял соответственно 31,6; 53,9 и 52,0 тыс. т. В 1960-е гг. вылов непрерывно снижался, и с 1966 г. специализированный промысел потерял свое значение. Начиная с 1972 г., промысел окуней был возобновлен, и до 1985 г. их вылов колебался в пределах 15–20 тыс. т. Затем постепенно возрастал, составив в 1986–1993 гг. — 30–40 тыс. т. С 1996 г. в связи с низкой численностью запаса вылов окуней снизился сначала до 1,1 тыс. т, а затем к 1999 г. был практически прекращен, составив в 2000–2004 гг. 2–4 тыс. т. После постепенного восстановления запаса морских окуней вылов ограничивался квотами 6,5–8,5 тыс. т.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

1. Оценка биологических ориентиров $F_{0,1}$ и F_{max} в разные периоды промысла.

На основании оценок численности запаса морских окуней, выполненных для 1956–2014 гг. методом ВПА (виртуально-популяционный анализ) (Darby, Flatman, 1994) было выбрано несколько периодов

промысла, в которые распределение промысловой смертности по возрастам («модель» эксплуатации) незначительно различались, т.е. модель эксплуатации была относительно стабильна в периоды: 1956–1966, 1967–2003, 2004–2014 и 1989–2001 гг. Для каждого из этих периодов, а также для всего периода промысла 1956–2014 гг., и для периода 1989–2014 гг. (период ежегодного проведения стратифицированных донных траловых съемок ЕС в микрорайоне 3М) были рассчитаны значения параметров $F_{0,1}$ и F_{max} (Табл. 1). Естественная смертность принята постоянной и равна 0,1 для всех возрастов и лет. Наблюдаются изменения значений параметра $F_{0,1}$ от 0,08 до 0,11 в различные рассматриваемые периоды промысла и небольшие изменения в значении $YPR_{F_{0,1}}$ от 0,093 до 0,106 кг. Параметр F_{max} изменялся в более широком диапазоне. Если не учитывать период 1956–1966 гг., то значение F_{max} изменялось от 0,17 до 0,27. Для периода 1956–1966 гг. промысловая смертность F_{max} оценена в 1,025. Однако кривая YPR для этого периода представляет собой кривую с неявно выраженным (плоским) максимумом, и значение YPR , практически равное максимуму 0,12 кг/экз., достигается уже при значении $F=0,35$. Дальнейшее увеличение промысловой смертности практически не изменяет величину улова на рекрута

Таблица 1. Изменение биологических ориентиров $F_{0,1}$ и F_{max} , промысловой смертности F_{bar} , улова на рекрута и среднегодового вылова в различные периоды промысла морских окуней банки Флемиш-Кап

Период, годы	$F_{0,1}$	F_{max}	$YPR_{F_{0,1}}$, кг/экз.	$YPR_{F_{max}}$, кг/экз.	F_{bar} , Фактический (XSA)	Среднегодовой наблюденный за период вылов, т
1956–1966	0,082	1,025	0,094	0,118	0,228	19590
1967–2003	0,079	0,171	0,104	0,113	0,237	20191
2004–2014	0,112	0,274	0,093	0,103	0,137	5274
1989–2001	0,086	0,180	0,106	0,116	0,401	24720
1958–2014	0,078	0,177	0,102	0,112	0,216	17207
1989–2014	0,088	0,203	0,105	0,114	0,271	15150

(рис. 1). Следовательно, в качестве значения F_{max} для этого периода можно использовать значение 0,35.

Фактический промысел в большинстве рассматриваемых периодов проходил с промысловой смертностью F_{bar} (промысловая смертность, равная среднему значению промысловой смертности морских окуней возрастов 6–16 лет) превышающей F_{max} (табл. 1). Особенно наглядно это проявилось в 1989–2001 гг., когда F_{bar} составил 0,401, в то время как F_{max} оценивался в 0,18. На наш взгляд, именно это и явилось причиной резкого снижения биомассы запаса морских окуней в данный период. Можно отметить, что в отдельные периоды значения фактической промысловой смертности F_{bar} были близки к F_{max} . Эти периоды характеризовались относительно стабильным состоянием запаса морских окуней, и, следовательно, параметр F_{max} может рассматриваться как один из кандидатов для ведения оптимального промысла.

В 2004–2014 гг. фактический промысел был ограничен общим допустимым уловом (ОДУ), равным 6,5 тыс. т и проводился с F_{bar} равным 0,14. Это значение промысловой смертности значительно ниже F_{max} и немного превышает значение $F_{0,1}$ (0,11). Этап 2004–2014 гг. характеризуется постепенным восстановлением запаса, поэтому использование параметра близкого к $F_{0,1}$ соответствовало основной цели регулирования промысла – восстановлению запаса.

2. Влияние изменений биологических параметров запаса морских окуней на значения ориентиров $F_{0,1}$ и F_{max} .

Значения биологических ориентиров $F_{0,1}$ и F_{max} зависят от значений входных параметров, используемых в функции YPR. Поэтому, изменение естественной смертности, средней массы в каждой возрастной группе, и изменение промысловой смертности по возрастам (модели эксплуатации) будут влиять на значения этих ориентиров. Про-

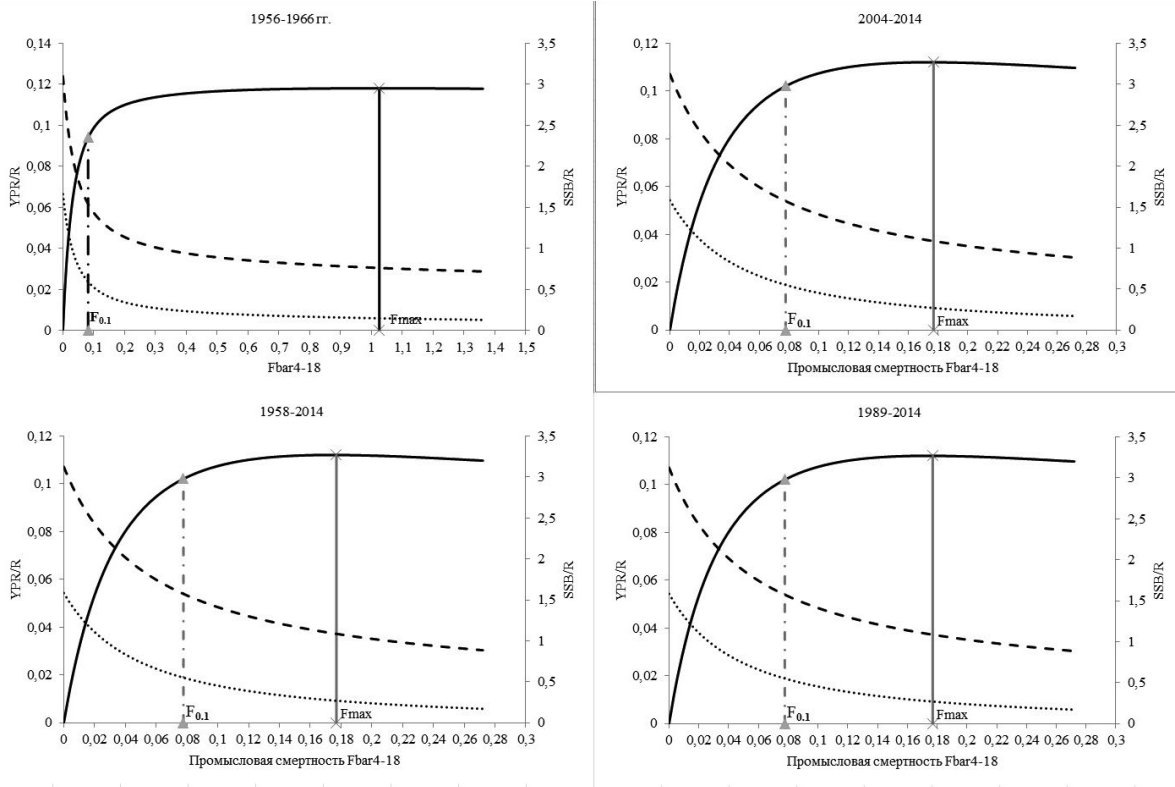


Рис. 1. Кривые YPR, SSB/R, B/R и значения параметров $F_{0,1}$ и F_{max} для разных периодов промысла морских окуней банки Флемиш-Кап.

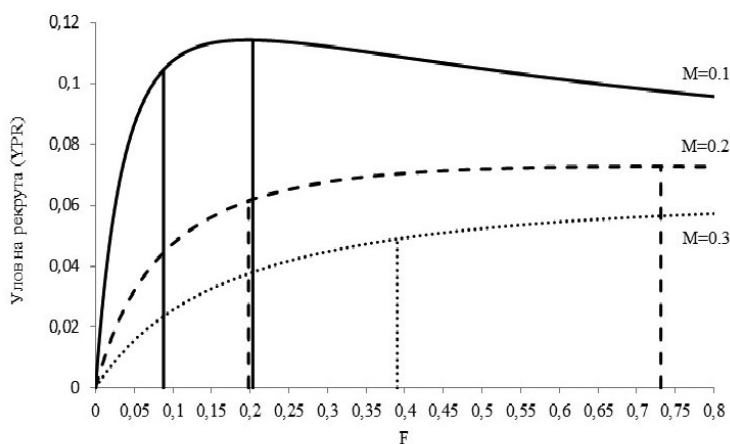


Рис. 2. Зависимость улова на рекрута от промысловой смертности F при различных значениях естественной смертности M для морских окуней банки Флемиш-Кап.

верка чувствительности ориентиров к изменению исходных данных проводилась при изменении значений одного из параметров и использовании средних значений за весь период наблюдения для остальных. Анализ зависимости значений ориентиров $F_{0,1}$ и F_{max} проводился для периода 1989–2014 гг.

Естественная смертность. При оценке запаса морских окуней принято допущение о постоянной величине естественной смертности, равной 0,1 для всех возрастных групп. В 2013 г. из-за несоответствия тенденций в оценках биомассы морских окуней банки Флемиш-Кап, полученных методом XSA и результатами донных траловых съемок ЕС в период 2006–2012 гг. было выдвинуто предположение, что естественная смертность поколений 2002–2004 гг. возросла по причинам, независимым от промысла. В основном это было связано с увеличением хищничества и внутривидовой конкуренцией за пищу (An Assessment of Beaked Redfish ..., 2013).

Анализ изменения параметров $F_{0,1}$ и F_{max} от входных данных проводился при естественной смертности, равной 0,1, 0,2 и 0,3. На величину параметров $F_{0,1}$ и F_{max} также оказывает влияние «плюс-группа» (19 лет и старше), особенно для долгоживущих видов, для которых ее величина может составлять существенную часть запаса. Поэтому был рассмотрен вариант, при котором

естественная смертность M , равная 0,1, принималась для всех возрастов, кроме возраста «плюс-группы», для которого она изменялась от 0,1 до 1,0 с шагом 0,2.

Анализ поведения функции YPR, построенной для различных уровней естественной смертности, не зависящей от возраста (кроме самых старших возрастов), показал, что при повышении естественной смертности значение улова-на-рекрута снижается (рис. 2). Значения же ориентиров $F_{0,1}$ и F_{max} смещаются вправо по кривой YPR, т.е. возрастают (табл. 2). Максимум кривой YPR при увеличении естественной смертности становится все более слабо выраженным и при $M=0,3$ кривая улова на рекрута не имеет максимума. Следовательно, для запасов с высоким уровнем естественной смертности, равным или превышающим промысловую, ориентир F_{max} становится непригодным для практического использования.

Изменение уровня естественной смертности «плюс группы» при равенстве $M=0,1$ для всех остальных возрастов очень незначительно изменило вид кривой YPR. Значения ориентиров несколько возросли при увеличении естественной смертности «плюс группы» с 0,2 до 0,4 (табл. 2), и дальнейшее их увеличение было незначительным.

Средняя масса. Изменчивость темпа роста поколений морских окуней и промыс-

Таблица 2. Значения ориентиров $F_{0,1}$ и F_{max} морских окуней банки Флемиш-Кап при различных значениях естественной смертности

Параметр	M для всех возрастов			M для «плюс-группы» (возраст 19+) при M=0,1 для возрастов 4–18				
	0,1	0,2	0,3	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
F_{max}	0,20	0,73	Нет максимума	0,22	0,24	0,24	0,25	0,25
$F_{0,1}$	0,09	0,20	0,39	0,11	0,13	0,13	0,14	0,14

ла приводит к существенной изменчивости средней массы в каждой возрастной группе. Проверка влияния данного параметра на вид функции YPR и значения ориентиров выполнялись при разных значениях массы особей по возрастам.

Кривые улова на рекрута были рассчитаны с максимальными, минимальными и средними значениями фактической массы одной особи в улове по возрастным группам за 1989–2014 гг. Оценки улова на рекрута $YPR_{F_{max}}$ и $YPR_{F_{0,1}}$ более существенно отличались для разных вариантов, чем значения самих ориентиров $F_{0,1}$ и F_{max} (рис. 3). При возрастании средней массы максимум функ-

ции YPR увеличивался от 0,07 до 0,13 кг. Значения $F_{0,1}$ изменялись в меньшей степени от 0,08 до 0,09, а значения F_{max} — от 0,19 до 0,22. Следовательно, при возрастании темпа роста особей, уровень относительной продукции популяции изменяется существенно, а максимум улова достигается при примерно одной и той же интенсивности эксплуатации.

Изменение модели эксплуатации (fishing pattern). Под моделью эксплуатации в данной работе понимается распределение промысловой смертности по возрастам. Для анализа чувствительности ориентиров управления $F_{0,1}$ и F_{max} к изменениям модели эксплуатации выполнены расчеты с макси-

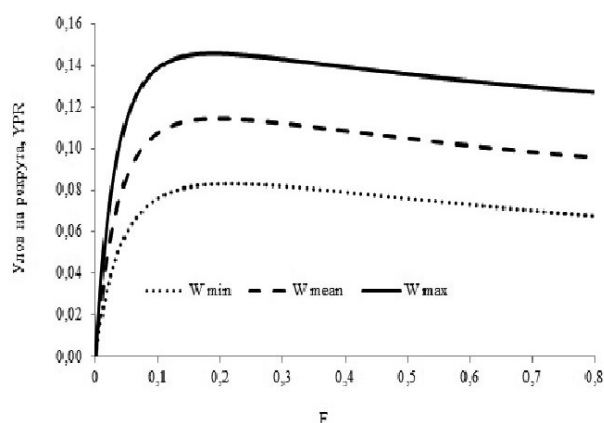


Рис. 3. Зависимость улова на рекрута от промысловой смертности при различных значениях средней массы по возрастам (минимальной, максимальной или средней) из наблюдаемых значений за период 1989–2014 гг. для морских окуней банки Флемиш-Кап.

— W_{max} — кривая YPR со значениями максимальной массы в каждом возрасте за период 1989–2014 гг.; - - - W_{mean} — кривая YPR со значениями средней массы в каждом возрасте за период 1989–2014 гг.; W_{min} — кривая YPR со значениями средней массы в каждом возрасте за период 1989–2014 гг.

мальными, минимальными и средними значениями промысловой смертности по возрастам за 1989–2014 гг. (рассчитанными по модели XSA). В период 1993–1996 гг. значительную часть вылова морских окуней на банке Флемиш-Кап составляли молодые особи возрастов 1–4 года, взятые в качестве прилова при промысле креветки. Так как оценка запаса по XSA проводится для возрастов 4–18 лет, то уловы младших возрастных групп (1–3 года) добавлены к вылову «четырёхлеток». Поэтому в указанный период очень высокая промысловая смертность отмечается для возрастов 4 и 5 лет, которая во много раз превышает смертность этих возрастных групп в другие годы. Однако, чтобы не менять общий подход, минимальная, максимальная и средняя промысловая смертность рассчитывались за весь период и для этих возрастов. Такой подход неадекватен фактическому промыслу. Вместе с тем, по нашему мнению, он приемлем для исследования изменения значений ориентиров $F_{0,1}$ и F_{max} в зависимости от изменения промысловой смертности F .

Оценки улова на рекрута и значения ориентиров $F_{0,1}$ и F_{max} существенно отличались для разных вариантов (рис. 4). При возрастании промысловой смертности мак-

симум функции YPR увеличивался от 0,08 до 0,13 кг. Значения $F_{0,1}$ также значительно изменялись — от 0,08 до 0,11, а значения F_{max} — от 0,17 до 0,38.

Результаты проведенного исследования показали, что значения биологических ориентиров $F_{0,1}$ и F_{max} запаса морских окуней банки Флемиш-Кап для разных периодов промысла отличаются незначительно. Поэтому в качестве оптимальной оценки значений ориентиров $F_{0,1}$ и F_{max} рассматриваем период 1989–2014 гг., для которого их значения составляют соответственно 0,09 и 0,20.

3-я — кривая YPR с fishing pattern равным минимальным значениям промысловой смертности в каждом возрасте за период 1989–2014 гг.;

2-я — кривая YPR с fishing pattern равным средним значениям промысловой смертности в каждом возрасте за период 1989–2014 гг.;

1-я — кривая YPR с fishing pattern равным максимальным значениям промысловой смертности в каждом возрасте за период 1989–2014 гг.

Оценка запаса морских окуней банки Флемиш-Кап, выполненная с помощью продукционной модели ASPIC (Prager,

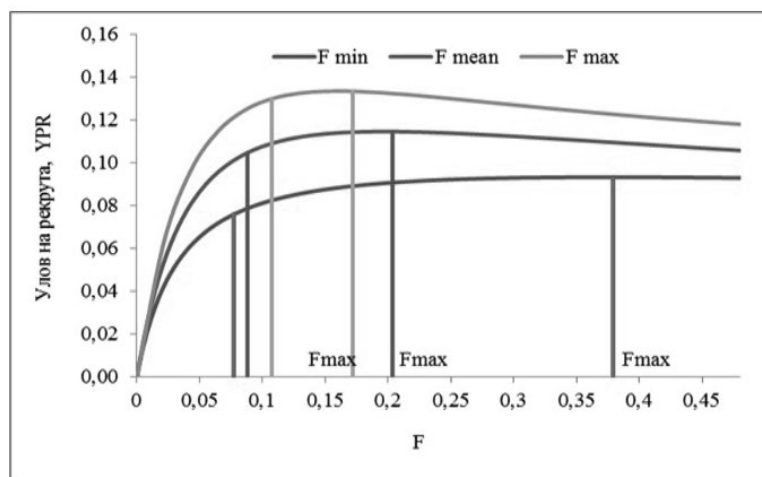


Рис. 4. Зависимость улова на рекрута от промысловой смертности при различных значениях модели эксплуатации для морских окуней банки Флемиш-Кап: при условии, что промысловая смертность для каждого возраста равна максимальному значению промысловой смертности за период 1989–2014 (1), среднему значению (2) и минимальному значению (3).

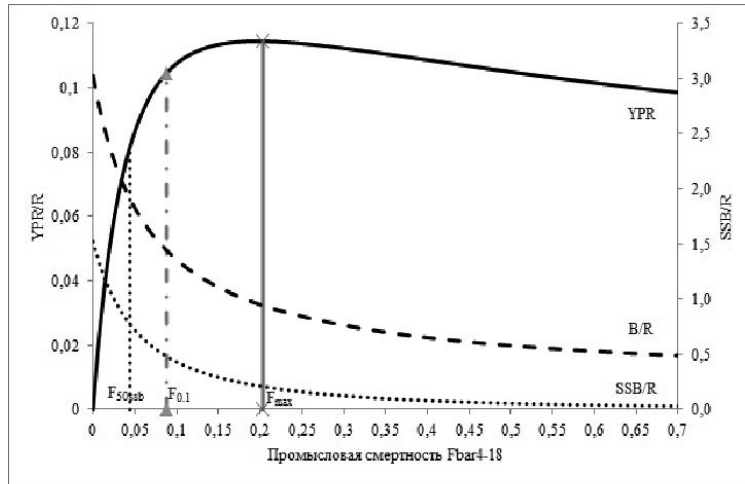


Рис. 5. Оценка параметров $F_{0,1}$, F_{max} и $F_{ssb50\%}$ для запаса морских окуней банки Флемиш-Кап за период 1989–2014 гг.

2013), показала, что при различных вариантах значений уловов на усилие (российские, португальские или международные данные) значения биологического ориентира F_{msy} различаются незначительно: от 0,09 до 0,11. Соотношения между биологическими ориентирами в модели ASPIC, построенной на основе уравнения логистического роста биомассы популяции (модели Шефера), определяются как:

$$F_{0,1} = 0,9F_{msy} \quad (4)$$

$$Y_{0,1} = 0,99Y_{msy} \quad (5)$$

$$B_{0,1} = 1,10B_{msy} \quad (6)$$

Следовательно, $F_{0,1}$ в различных вариантах расчетов по ASPIC оценивается в пределах от 0,081 ($= 0,9 \times 0,09$) до 0,1 ($= 0,9 \times 0,11$). Эти оценки хорошо согласуются со значениями, полученными из анализа функции YPR, что может служить дополнительным аргументом выбора основного значения для $F_{0,1}$.

Если использовать ориентир $F_{0,1}$, равный 0,09, в качестве целевого, то ежегодный улов будет составлять приблизительно 8,6% промыслового запаса. По съемкам ЕС запас морских окуней на банке Флемиш-Кап

в 2008–2013 гг. оценивается на уровне 150–250 тыс. т, следовательно, рекомендуемый вылов может составлять 12–21 тыс. т. По расчетам XSA запас окуней оценивается несколько ниже — на уровне 120–150 тыс. т. С 2004 г. фактический вылов морских окуней был ограничен общим допустимым уловом (ОДУ) равным 6,5 тыс. т. Фактическое значение промысловой смертности F находилось в диапазоне от 0,04 до 0,12, за исключением 2011 г., когда F составил 0,18. Следовательно, фактический уровень изъятия в исследуемый период в основном был близок к биологическому ориентиру $F_{0,1}$ и не превышал ориентир F_{max} . Представляется вероятным, что оптимальный уровень изъятия будет получен при значении промысловой смертности в диапазоне от $F_{0,1}$ до F_{max} .

Кривые YPR, B/R и SSB/R в долгосрочном аспекте показывают сокращение общей и нерестовой биомассы от неэксплуатируемого уровня в зависимости от величины промысловой смертности (рис. 5, табл. 3).

Промысел с $F_{0,1}$, равной 0,09 в долгосрочном аспекте показывает снижение нерестовой биомассы до 32% от неэксплуатируемого уровня (от уровня эксплуатации при $F=0$), а промыслового запаса до 48% от начального (неэксплуатируемого) значения запаса (табл. 3). Такой промысел также при-

Таблица 3. Изменение улова (Yield/R), промысловой (B/R) и нерестовой биомасс (SSB/R) на единицу пополнения в процентах от уровня неэксплуатируемого запаса в долгосрочном аспекте в зависимости от изменения промысловой смертности (F)

	F	B/R	SSB/R	%SSB	%B	% SSB от B	Yield/R
	0	3	1,730	100	100	57	0
	0,011	2,624	1,417	82	87	54	0,032
	0,022	2,324	1,187	69	77	51	0,054
	0,033	2,093	1,013	59	69	48	0,070
F _{ssb}	0,045	1,901	0,871	50	63	46	0,082
	0,055	1,760	0,769	44	58	44	0,090
	0,066	1,636	0,680	39	54	42	0,096
	0,077	1,531	0,607	35	51	40	0,101
F _{0,1}	0,088	1,442	0,546	32	45	3,8	0,105
	0,099	1,364	0,494	29	45	36	0,107
	0,110	1,297	0,450	26	43	35	0,109
	0,121	1,237	0,411	24	41	33	0,111
	0,137	1,160	0,362	21	38	31	0,113
	0,165	1,055	0,299	17	35	28	0,114
F _{max}	0,203	0,943	0,235	14	31	25	0,114
	0,316	0,742	0,132	8	25	18	0,112
	0,467	0,601	0,072	4	20	12	0,106
	0,687	0,494	0,036	2	16	7	0,099

ведет к снижению доли нерестовой биомассы в запасе от 57 до 38%.

Как отмечали канадские исследователи в начале 2000-х годов (An Assessment ... 2011) эксплуатацию морских окуней банки Флемиш-Кап в 1979–1985 гг. можно считать рациональной. По индексам канадских съемок, при ежегодном вылове 18 тыс. т., запас окуней был стабильным. Нерестовая биомасса самок при этом составляла до 40% от уровня промысловой биомассы, наблюдаемой в ходе серии канадских съемок 1979–1985 гг. Промысел с $F_{0,1} = 0,09$ поддерживает долю SSB в биомассе промыслового запаса на уровне 38%, что чуть ниже, чем 40% (табл. 3). Следовательно, в качестве оптимального биологического ориентира промысловой смертности можно рассматривать параметр $F_{0,1}$, а также пара-

метр $F_{ssb50\%}$, который соответствует сохранению нерестовой биомассы на уровне 50% от ее значения при отсутствии промысла (табл. 3).

Проведенный анализ влияния входных данных на значения ориентиров $F_{0,1}$ и F_{max} показывает целесообразность практического использования подхода, основанного на зависимости улова-на-рекрута от промысловой смертности (YPR) при регулировании промысла морских окуней на банке Флемиш-Кап.

Однако следует отметить, что функция YPR оценивает изменение относительной продукции и не учитывает возможную изменчивость численности пополнения при изменении промысловой нагрузки, т.е. не позволяет оценить зависимость абсолютной продукции от F.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный анализ показал, что биологические ориентиры промысловой смертности $F_{0,1}$ и F_{max} могут быть использованы при регулировании промысла морских окуней банки Флемиш-Кап. Использование промысловой смертности $F_{0,1}$ рекомендуется при восстановлении численности запаса окуней после «перелова», а также снижении численности запаса при неблагоприятных условиях, например, при появлении подряд нескольких слабых по численности пополнений. Параметр F_{max} может считаться предельным значением промысловой смертности при средних условиях среды. Практика промысла показала, что при промысле с F большим F_{max} запас морских окуней банки Флемиш-Кап постоянно снижался. Оптимальный промысел должен осуществляться с промысловой смертностью в диапазоне от $F_{0,1}$ до F_{max} и в зависимости от численности пополнений запаса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- An Assessment of Beaked Redfish (S. mentella and S. fasciatus) in NAFO Division 3M (With a Revised Approach to Quantify the Increase on Redfish Natural Mortality Determined by the Increase on Cod Predation Observed Over Recent Years, 2006–2012)* / A. Ávila de Melo, R. Petit, A. Pérez-Rodríguez, D. González Troncoso, R. Alpoim, F. Saborido-Rey, M. Pochtar, F. González-Costas and N. Brites // NAFO SCR Doc. 13/034. Ser. No. N 6188. 2013. 55 p.
- An Assessment of Beaked Redfish (S. mentella and S. fasciatus) in NAFO Division 3M (With an Approach to the Likely Impact of Recent 3M Cod Growth on Redfish Natural Mortality)* / A. Ávila de Melo, F. Saborido-Rey, M. Pochtar et al // NAFO SCR Doc. 11/026. Ser. No. N 2911. 2011. 55 p.
- Beverton R.J.H., Holt S.J.* On the dynamics of exploited fish populations // Fish. Inv., 1957. Ser 2, V. 19. 533 p.
- Darby C.D., Flatman S.* Virtual Population Analysis: version 3.1 (Windows/Dos) user guide / Lowestoft, 1994. 85 p. (Information Technology Series / MAFF Direct. Fish. Res; no. 1).
- Prager M.H.* User's Guide for ASPIC: A Stock-Production Model Incorporating Covariates (ver. 5) And Auxiliary Programs/ Last revised June 26, 2013. 26 p.
- Serchuk F., Rivard D., Casey J., Mayo R.* Report of the Ad hoc working group of the NAFO Scientific Council on the Precautionary Approach // NAFO SCS Doc. 97/12. Ser. No. N2911. 1997. 61 p.

ASSESSMENT OF THE MAXIMUM SUSTAINABLE YIELD OF SEBASTES REDFISH USING THE CATCH PER RECRUIT FUNCTION

© 2020 y. M. V. Pochtar

Polar Branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (PINRO), Murmansk, 183038

The object of the study is redfish species of the Flemish Cap Bank in NAFO Div.3M, the Northwest Atlantic statistical area. The aim this study is to determine the possible maximum sustainable yield and optimum fishing mortality value of redfish, using the catch per recruit function. Target reference points F_{max} and $F_{0,1}$ for redfish stock banks on Flemish Cap have been evaluated and the resilience of these reference point have been investigated depending on the variation of parameters to the catch per recruit function. It is shown that the optimal average annual catch depends on the recruitment and can be obtained when the operation of the object for the fishing mortality of 0,08 to 0,2 and constitute 10–18 thousand t depending on the amount of recruitment. In this case, this reserve will be maintained at biologically secure scope (spawning biomass will be in the range of 20–40 thousand tons).

Key words: redfish species, stock, abundance, modelling, parameters, fishing mortality, fishery management.