

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 595.384.2: 639.2.055(268.45)

**ПРАВИЛО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРОМЫСЛА
ИСЛАНДСКОГО ГРЕБЕШКА В РАМКАХ НОВОГО ПОДХОДА
К ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ЕГО ЗАПАСА В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ**

© 2018 г. С.В. Баканев, И.Е. Манушин

*Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства
и океанографии им. Н.М. Книповича, Мурманск, 183038
E-mail: bakanev@pinro.ru*

Поступила в редакцию 18.07.2017 г.

Приведены краткие результаты оценки состояния запаса исландского гребешка *Chlamys islandica* и управления его промыслом в Баренцевом море. Запасы исландского гребешка на Святоносском поселении Баренцева моря в настоящее время находятся в депрессивном состоянии. Многолетняя динамика промыслового запаса показывает примерно пятикратное снижение за время его промысловой эксплуатации. Для интегрированной оценки состояния запаса, расчета общего допустимого улова, ориентиров управления и прогноза динамики биомассы была использована стохастическая версия продукционной модели Шефера. Величина целевого ориентира по биомассе промыслового запаса (B_{tr}) исландского гребешка Святоносского поселения составляет 746 тыс. т. Медианная величина целевого ориентира управления по эксплуатации (F_{tr}) равна 0,002. Можно ожидать, что при условии временного прекращения драгового промысла и отсутствия высокоурожайных пополнений запаса исландского гребешка в Баренцевом море, его восстановление до биологически безопасного уровня займет, вероятно, не менее 15–20 лет. *Ключевые слова:* исландский гребешок *Chlamys islandica*, Баренцево море, состояние запаса, правило регулирования промысла.

ВВЕДЕНИЕ

Управление запасом исландского гребешка *Chlamys islandica* в Баренцевом море до недавнего времени выполнялось без использования формализованных стратегий, правил и ориентиров управления. Стратегия управления промыслом сводилась к предотвращению перелова с помощью ограничения общего допустимого улова (ОДУ) и ряда технических мер регулирования. В феврале 2015 г. был издан приказ Федерального агентства по рыболовству № 104, определивший новые научно-методические требования к материалам, обосновывающим ОДУ, которые соответствуют современным мировым стандартам.

В первой половине 2017 г. в ПИНРО в рамках предложенной концепции стратегии регулирования промысла приоритетных

гидробионтов были разработаны подходы к оценке новых элементов управления для баренцевоморского запаса исландского гребешка: индикаторов состояния запаса, ориентиров управления, правил регулирования промысла (ПРП). В настоящей работе приведены краткие результаты оценки состояния запаса, ориентиров управления и ПРП в рамках нового подхода.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материалом для настоящей работы послужили результаты количественного учета исландского гребешка на акватории поселений, располагающихся в прибрежных водах северо-восточной части Кольского полуострова к северу от мыса Святой Нос (рис. 1). Границы поселений, площа-

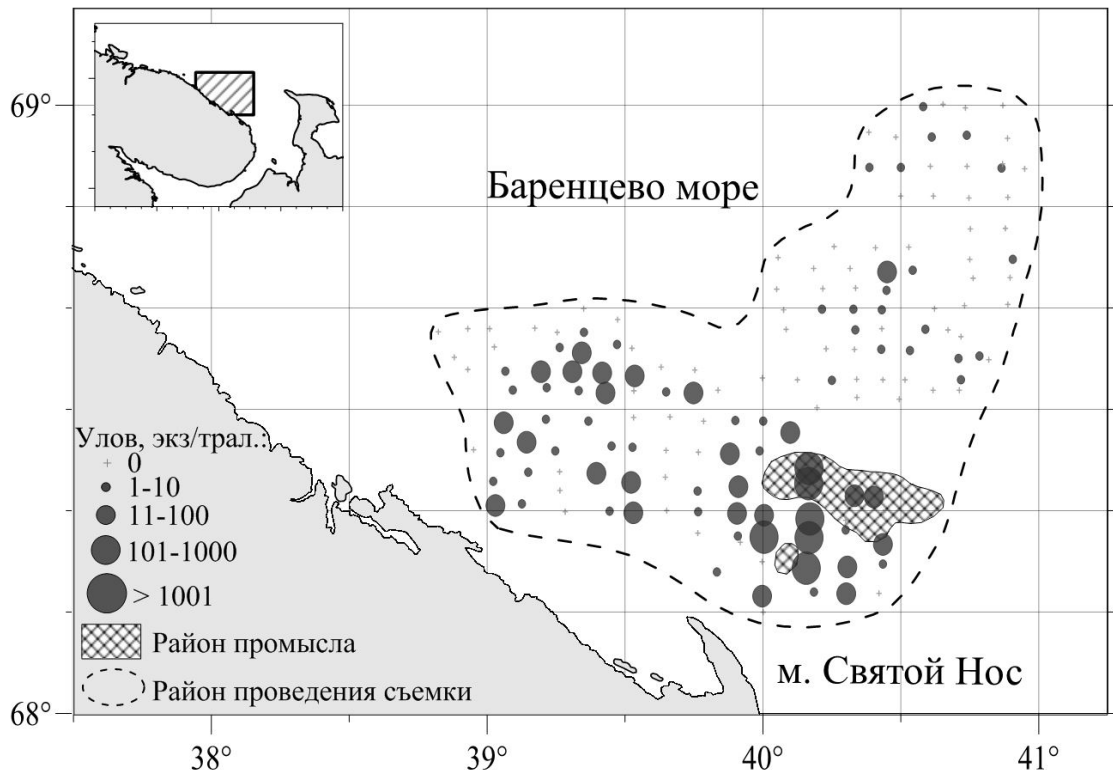


Рис. 1. Район промысла и проведения съемки запасов исландского гребешка на Святоносском поселении в Баренцевом море в 2016 г.

дью 4600 км², были выделены на основании многолетних наблюдений в ходе научно-исследовательских съемок. При оконтуривании поселений выбрана съемка 1993 г., в ходе которой была отмечена максимальная площадь распространения гребешка. При этом контур поселения проводили между станциями, на которых отмечался гребешок, и станциями без улова.

С учетом того, что исследовательская акватория включает в себя промысловые участки, на которых с 1990 г. ведется промысел исландского гребешка в Баренцевом море, биомасса гребешка в данном районе может рассматриваться как отдельная единица запаса — Святоносское поселение. Под единицей запаса подразумевается устойчивая во времени пространственно-обособленная часть популяции, имеющая самостоятельное промысловое значение (Бабаян, 2000).

В основу материалов по оценке состояния запаса и регулирования промысла положены четыре информационных источника:

— статистика промысла, передаваемая по отраслевой системе мониторинга ФГБУ «ЦСМС», за 1990–2017 гг.;

— данные, полученные в ходе съемок, выполненных промысловой драгой в период 1991–2006 гг.;

— данные, полученные в ходе съемок, выполненных тралом Сигсби в период 2009–2016 гг.

— данные наблюдателей на промысле за 2013–2017 гг.

Согласно приказу Федерального агентства по рыболовству № 104 с учетом объема научных и биопромысловых данных запас исландского гребешка можно отнести ко второму уровню информационной обеспеченности. Данный уровень обеспеченности позволяет использовать для оценки запаса простейшие неструктурированные модели, в том числе продукционные (Shaefer, 1954).

Статистика промысла. Ежегодный вылов, количество усилий и производительность промысла в 1990–2017 гг. были оценены на основе данных судовых суточных

Таблица 1. Показатели промысла исландского гребешка на Святоносском поселении в Баренцевом море в 1990–2017 гг.

Период промысла, год/месяц	Промысловое усилие, число судов/судо-сут. лова	Площадь промысла, км ²	Производительность, т/судо-сутки	Вылов, т
1990/ VIII–XI	1/ 77	336	34,5	2654
1994/ VII–XII	1/ 136	480	26,5	3598
1995/ I–IV, VII–XII	2/ 295	1392	26,0	7679
1996/ I–IV, VIII–XII	2/ 347	1416	30,3	10501
1997/ I–IV, VII–XII	3/ 458	1416	30,0	13728
1998/ I–IV, VII–XII	2/ 398	1440	30,2	12015
1999/ I–IV, VII–XII	4/ 422	1632	26,3	11084
2000/ I–IV, VII–XII	5/ 522	1248	22,2	11599
2001/ I–IV, VI–XII	5/ 587	1488	20,2	11863
2002/ I –XII	4/ 514	1656	11,1	5716
2003/ II –V, VII–XII	3/ 268	1056	14,0	3745
2004/ X –XII	2/ 76	720	16,0	1218
2005/ I–III, IX–XII	3/ 164	648	20,0	3282
2006/ VIII–IX	1/ 36	360	25,0	900
2007/ I–IV, VIII–XII	1/ 169	744	16,6	2807
2008/ IX –X	1/ 25	216	42,5	1063
2011/ VIII–IX	1/ 26	312	20,3	528
2012/ III, VIII–X	1/ 35	216	10,7	376
2013/ IX	1/ 16	168	22,1	353
2014/ IX –XII	1/ 39	48	20,1	784
2015/ II–III, VIII	1/ 35	96	27,2	952
2016/ III, X	1/ 36	192	26,4	951
2017/ II–III	1/ 36	96	26,4	952

донесений отраслевой системы мониторинга ФГБУ «ЦСМС» (табл. 1). Площадь акваторий, на которых велся промысел, определяли с помощью разбивки акватории на полигоны с регулярной сеткой с шагом 0,05° с. ш. и 0,1° в. д. Средняя площадь полигона составила 24 км². Далее определяли общую площадь акватории промысла путем умножения количества полигонов, в которых был отмечен промысел, на среднюю площадь полигона. Расчет площадей осуществлялся автоматизировано в статистической программной среде *R* и библиотеке *PBSmapping*.

Специализированные драговые съемки в районе Святоносского поселения проходили в 1991–2006 гг. (табл. 2). В ходе съемок выполнялось от 69 до 441 станций. Использовали промысловую драгу с конусовидным мешком из металлической кольчуги с диаметром колец 70 мм. Продолжительность драгирований составляла 5–10 мин со средней скоростью 3 узла. Первоначально масса улова полных промысловых драг была определена по динамометру. При этом масса улова в драге шириной 2,3 м составляла 2000 кг, для драг шириной 3–5 м — 3000 т.

Таблица 2. Характеристика использованного материала, собранного в ходе специализированных драговых съемок в 1991–2006 гг.

Год	Число		Средневзвешенная плотность распределения, экз/м ²	Средняя масса моллюска, г	Индекс запаса, тыс. т
	станций	особей для массового промера/биологического анализа			
1991	166	11559/ 5724	15,34	87	2454
1992	69	4870/ 2379	16,19	87	2595
1993	130	9623/ 4756	17,65	82	2661
1996	79	4583/ 2236	12,90	106	2514
1997	314	17718/ 8804	5,57	107	1097
1998	244	12953/ 6421	5,50	114	1156
1999	163	8399/ 4144	3,96	118	859
2000	282	14094/ 6992	2,78	121	615
2001	310	17494/ 8692	1,96	107	386
2002	282	15634/ 7761	1,16	109	232
2003	441	20309/ 10099	1,20	131	288
2006	171	7655/ 3772	1,46	136	366

В дальнейшем массу улова определяли визуально по степени наполнения мешка драги и массе улова в полной драге. Для определения состава улова отбирали пробу массой 20–30 кг, разбирали ее и определяли массу живого гребешка, прилова бентоса и грунта (ракуши и камней). Полученное соотношение состава улова в пробе использовали для определения массы отдельных компонентов и общей численности гребешка во всем улове. Для определения относительной плотности распределения гребешка на поселении коэффициент уловистости драги считали равным 1. Индекс запаса в 1991–2006 гг. рассчитывали на акватории, равной 4600 км².

При расчетах индекса численности общего запаса гребешка на скоплении использовали деление акватории на промысловые квадраты (прямоугольники шириной 10' по широте и 30' — по долготе). Биомассу гребешка в промысловом квадрате рассчитывали как произведение средней плотности на величину обследованной площади скопления в квадрате. Общую биомассу гребешка на скоплении определяли суммированием данных по квадратам.

Специализированные съемки тралом Сигсби в районе Святоносского поселения проходили в 2009–2016 гг. (табл. 3). Сетная часть трала (каркас) выполнена из полиамидных делей в два сложения с шагом ячеи 45 мм (Золотарев, 2016). Внутри трала установлена рубашка с шагом ячеи 10 мм. В ходе съемок выполнялось от 108 до 248 станций. Ширину трала принимали равной 0,9 м. Продолжительность драгирований составляла 3 мин со средней скоростью 2,5 узла. Протраленная площадь принималась равной 208,35 м². Массу улова в трале Сигсби определяли путем взвешивания всего улова или его части.

Индекс запаса на акватории съемки (рис. 1) рассчитывали методом 2-D-сплайн-аппроксимации (без учета глубины), реализованном в программе «КартМастер», которая разработана специалистами ВНИРО в сотрудничестве с компанией «ТРАНЗАС» (Бизиков и др., 2007).

Оценка запаса. Учитывая второй уровень обеспеченности данными, при оценке запаса исландского гребешка возможно использование как трендовых и индикаторных

Таблица 3. Характеристика использованного материала, собранного в ходе специализированных съемок тралом Сигсби в 2009–2016 гг.

Год	Число		Плотность распределения, экз/м ²		Средняя масса моллюска, г		Индекс запаса, тыс. т	
	станций	особей для биологического анализа	1	2	1	2	1	2
2009	43	558	0,29	0,35	35	105	348	828
2010	117	3461	0,95	0,74	28	118	404	1010
2011	137	2990	0,96	1,01	32	114	340	1127
2012	134	2173	1,21	1,18	34	108	482	1446
2013	134	1987	1,29	0,88	37	103	715	1287
2014	135	1717	1,00	0,73	38	103	675	980
2015	111	1893	0,99	1,23	37	99	301	1602
2016	160	2263	0,53	0,42	31	100	184	543

Примечание. 1 — непромысловый, 2 — промысловый.

методов, так и простейших аналитических моделей. Для анализа трендов и индикаторов были выбраны две группы показателей, полученные в ходе промысла и научно-исследовательских съемок. В первую группу индикаторов входят:

- 1) количество судо-суток промысла;
- 2) производительность промысла, т/судо-сутки;
- 3) площадь акватории промысла, км²;
- 4) средний промысловый размер, мм;
- 5) доля в улове гребешка непромыслового размера, %.

Вторая группа индикаторов включает следующие показатели:

- 1) индекс промыслового запаса, т. е. биомасса гребешка размером не менее 80 мм, тыс. т;
- 2) индекс «пополнения», т. е. биомасса гребешка размерами 60–79 мм, тыс. т (здесь под пополнением подразумевается часть запаса, которая пополнит промысловый запас за ближайшие 3–4 года);
- 3) индекс молоди, т. е. биомасса гребешка размером менее 60 мм, тыс. т;
- 4) средний размер промыслового гребешка в уловах, полученных в ходе научно-исследовательских съемок, мм.

Для интегрированной оценки состояния запаса, расчета ОДУ, ориентиров управления и прогноза динамики биомассы была использована стохастическая версия продукционной модели Шефера (Schaefer, 1954; Баканев, Золотарев, 2015). Дискретный вид модели, включающий промысловую смертность, где скорость экспоненциального роста численности популяции (r) выражается через максимальный устойчивый вылов (MSY), имеет вид:

$$B_{t+1} = B_t - C_t + 4MSY \frac{B_t}{K} \left(1 - \frac{B_t}{K}\right), \quad (1)$$

где B_t — численность в году t , MSY — максимальный устойчивый вылов, K — максимальная возможная численность при отсутствии промысла (емкость среды), C_t — вылов.

Ненаблюдаемая переменная B_t может быть выражена через наблюдаемый показатель относительной численности, то есть индекс, рассчитанный по результатам исследовательских съемок или улова на усилие в ходе промысла. Оценка параметров модели осуществлялась с использованием байесовского подхода, используемого для получения распределения апостериорных вероятностей

возможных значений параметров модели. Алгоритмы вычисления и диагностика были реализованы в программе OpenBUGS vers. 3.2.1 (www.mrc-bsu.cam.ac.uk/bugs).

Для настройки модели при финальном расчете были выбраны два временных ряда: индексы промыслового запаса, рассчитанные по результатам специализированных драговых съемок 1991–2006 гг. (*DRAG*), и съемок, выполненных тралом Сигсби в 2009–2016 гг. (*SIGS*). Временной ряд уловов на усилие (*CPUE*), рассчитанный по данным промысловой статистики, при финальном прогоне модели не использовали. Дополнительные сценарии с включением в настройку *CPUE*, как будет показано ниже, не приводили к повышению точности оценки динамики биомассы. Кроме того, анализ производительности промысла показал, что данная величина зависела не только от состояния запаса гребешка на поселении, но и от особенностей его распределения на акватории. В отдельные годы производительность промысла увеличивалась за счет перехода на новые скопления, до этого не эксплуатировавшиеся, в то время как общая биомасса поселения по результатам съемки снижалась (Золотарев, 2016). Таким образом, в силу невозможности принятия допущения об устойчивом соотношении величины промыслового запаса и производительности промысла на протяжении всей истории эксплуатации запаса, индекс *CPUE* не рассматривался в качестве основного в наборе исходных данных.

РЕЗУЛЬТАТЫ

По результатам драговых съемок в 1991–2002 гг. отмечалось существенное снижение общего и промыслового запаса на акватории Святоносского поселения (табл. 2). Данные съемок, выполненные тралом Сигсби в 2009–2012 гг., показали кратковременный рост индексов промыслового запаса (рис. 2). Однако в последние пять лет (2012–2016 гг.) негативные тенденции в динамике запаса возобновились. Индекс промыслового запаса и пополнения в 2016 г.

снизился до минимального уровня за всю историю наблюдений.

Анализ размерного состава исландского гребешка в уловах исследовательских съемок и на промысле последних 5–6 лет показал отсутствие существенных изменений в средних и модальных размерах (рис. 3). Причины отмеченного постоянства не до конца понятны. Возможно, это является артефактом съемок, балансом между пополнением и промысловым запасом с учетом замедления роста взрослых особей (слабое пополнение не покрывает смертности гребешка, но темпы роста сильно замедляются и невозможно выделить отдельные размерные когорты среди гребешков промыслового размера; в этом случае будет лишь отмечаться уменьшение биомассы промыслового запаса) или миграциями (вопрос о способности особей данного вида к миграциям до сих пор остается дискуссионным), которые обусловлены в первую очередь пространственным разграничением мест обитания молоди и половозрелых особей. Молодь живет в местах, подходящих для оседания планктонных личинок (поднятия дна со скальным грунтом и валунами, покрытыми обрастаниями). Такие места труднодоступны для исследований и практически не облавливаются. По мере увеличения размеров и способности к передвижению моллюски перебираются на выровненные участки дна с постоянным течением, обеспечивающим приток пищи. Рост половозрелых особей сильно замедляется из-за больших затрат на образование половых продуктов, что приводит к достаточно стабильной во времени размерной структуре, которую мы и наблюдаем на исследованной акватории. Данные по размерной структуре подтверждаются исследованиями возрастной структуры на отдельных скоплениях, когда при постоянном размерном составе в течение нескольких лет наблюдается старение всего скопления при отсутствии пополнения (Золотарев, 2016).

В период промысла гребешка в Баренцевом море максимальные уловы наблюдали в 1997–1999 гг. — 14 тыс. т в год

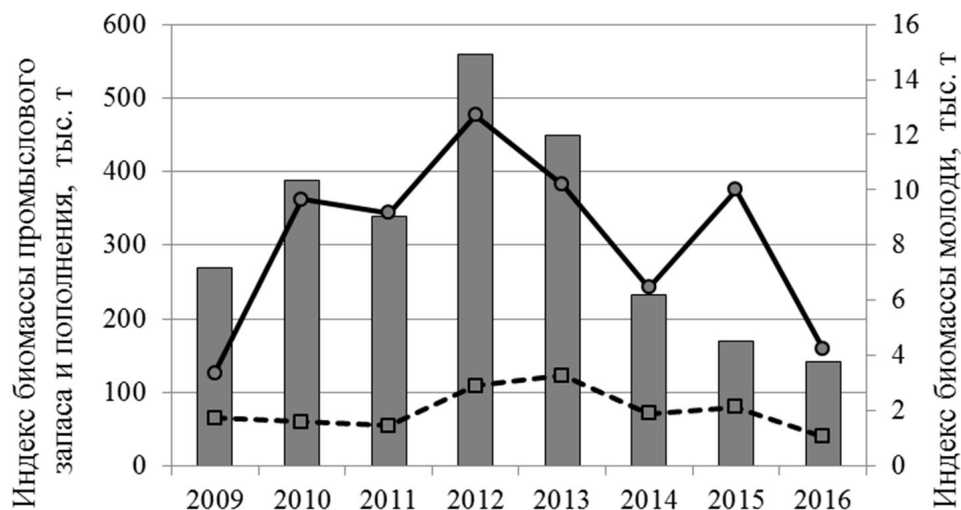


Рис. 2. Индексы биомассы молоди (■), пополнения (—■—) и промыслового запаса (—●—) исландского гребешка, рассчитанные по данным съемок тралом Сигсби, на Святоносском поселении в Баренцевом море в 2009–2016 гг.

(табл. 1). В последние 10 лет улов значительно снизился и не превышал 3,1 тыс. т. Основным фактором, определяющим уменьшение вылова, было сокращение площади промысловых участков с высокими плотностями гребешка, что привело к снижению промысловых усилий и сокращению количества судов на промысле (с пяти до одного). В соответствии с рекомендациями ФГБНУ «ПИНРО», в 2009–2010 гг. промысел не проводился. С 2011 г. добыча возобновилась, но ежегодный вылов, как правило, не превышал 0,5 тыс. т (табл. 1), лишь с 2014 г. приблизился к величине ОДУ (рис. 4). При этом ежегодное количество судов-суток лова не превышало 39 (табл. 1).

С 2012 по 2015 гг. отмечался положительный тренд в производительности промысла, что может быть объяснено не фактическим увеличением плотности промысловых скоплений, а активным поиском остаточных локальных плотных скоплений, ранее не подверженных эксплуатации.

Оценка промыслового запаса всего исторического ряда с помощью продукционной модели показала, что запас, который в 1990–1996 гг. находился на уровне 1,5 млн т, существенно снижался в последние 5–6 лет (рис. 5). С 2000-х гг. за-

пас находится в депрессивном состоянии на уровне 200–300 тыс. т. В 2010–2012 гг. наблюдались признаки восстановления промыслового запаса, которому, однако, не нашлось подтверждения в последующие годы. В последние два года запас находится в пределах 80–450 тыс. т (95% границы доверительного интервала) с медианой на уровне 200 тыс. т.

Биологические целевые ориентиры для регулирования промысла исландского гребешка Святоносского поселения в Баренцевом море были рассчитаны с использованием продукционной модели (Баканев, 2016). При этом медианная величина B_{MSY} была принята за величину целевого ориентира по биомассе B_{tr} , а величина $F_{проху}$, рассчитанная как MSY / B_{MSY} , принималась за целевой ориентир по эксплуатации F_{tr} . Величина граничного ориентира B_{lim} принималась на уровне 30% от B_{MSY} , что соответствует принятой схеме регулирования рыболовства, например, в Северной Атлантике, при оценке запасов рыб и беспозвоночных по продукционными моделям (Study Group ..., 2003).

Стохастическая версия продукционной модели позволила оценить ориентиры управления в интервальном виде и выполнить риск-анализ снижения промыслового

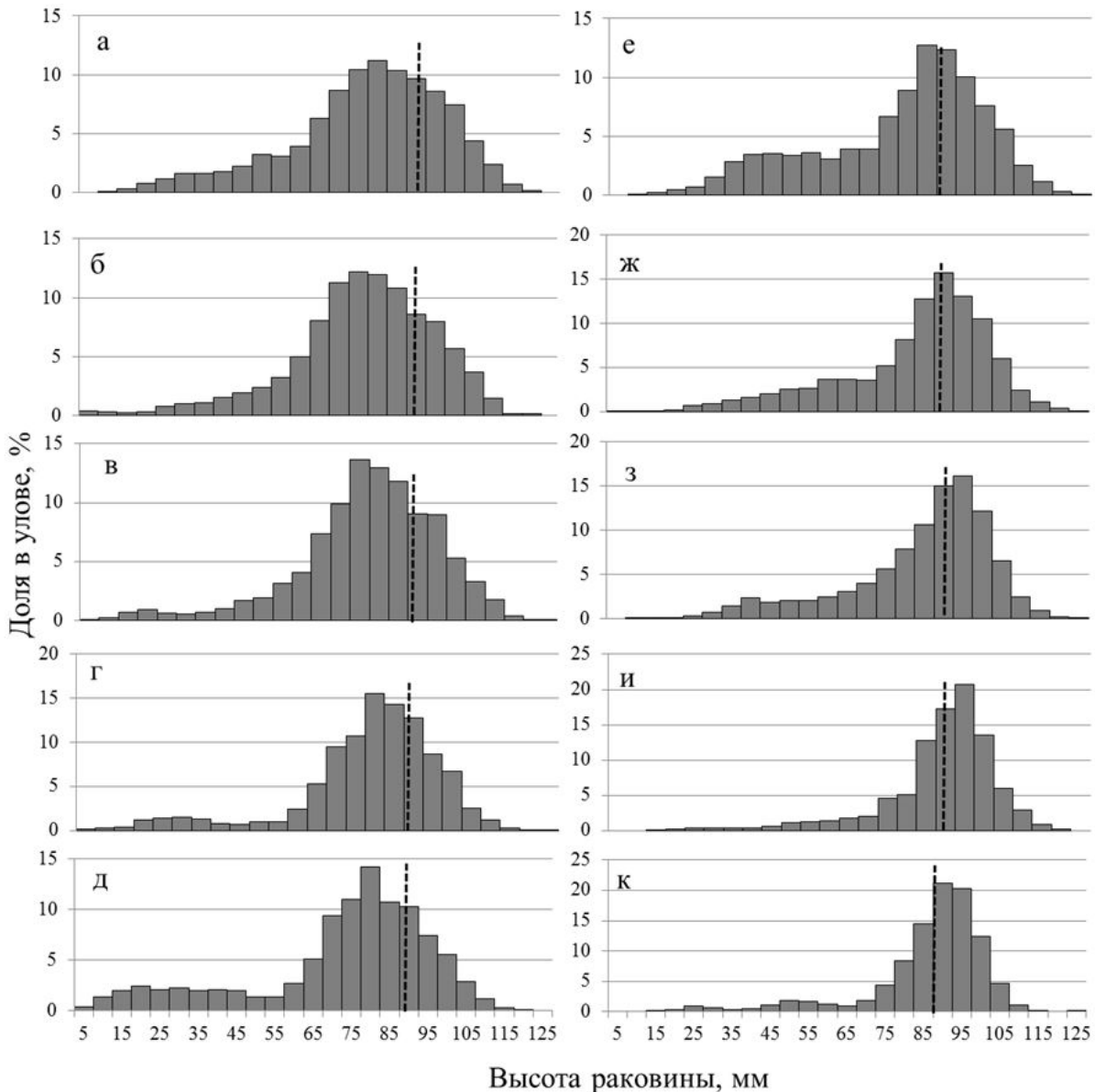


Рис. 3. Размерный состав уловов исландского гребешка в Баренцевом море по результатам съемок в 2012–2016 гг. (а – 2012, $n = 4576$ экз.; б – 2013, $n = 4825$; в – 2014, $n = 4089$; г – 2015, $n = 4639$; д – 2016, $n = 5870$) и наблюдателей на промысле в 2011–2017 гг. (е – 2011, $n = 6004$; ж – 2012, $n = 8212$; з – 2013, $n = 5404$; и – 2014, $n = 1466$; к – 2017, $n = 7269$); пунктирная линия – средний промысловый размер.

запаса ниже целевых и граничных ориентиров управления (табл. 4).

Результаты расчетов показали, что текущая величина промыслового запаса B_{2017} с 99%-ной вероятностью находится ниже уровня целевого ориентира по биомассе B_{tr} и с вероятностью 62% ниже граничного ориентира B_{lim} . Медианная величина целевого ориентира управления по эксплуатации F_{tr} составляет 0,002, т.е. 0,2% от промыслового

запаса. Согласно оцененной величине запаса в 2017 г. и целевому уровню изъятия рекомендованный вылов для 2017 г. мог бы составить 394 т ($B_{2017} \times F_{MSY}$), т.е. в 2,4 раза ниже фактического вылова в 2017 г. (952 т).

При зональном представлении области управления отмечаются два периода, при которых промысловый запас находился ниже критического уровня B_{lim} (рис. 6). В первый период (2001–2008 гг.) наблюдался чрез-

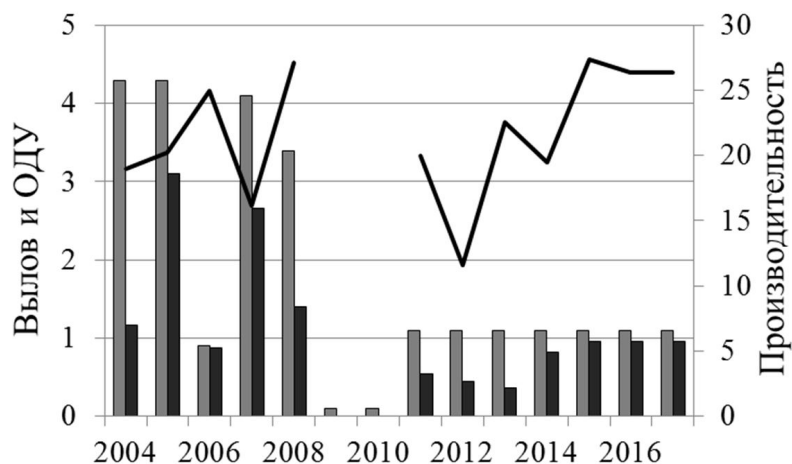


Рис. 4. Общий допустимый улов, ОДУ (■, тыс. т), вылов (■, тыс. т) и средняя производительность промысла (—, т/сут.) исландского гребешка на Святоносском поселении в Баренцевом море в 2004–2017 гг.

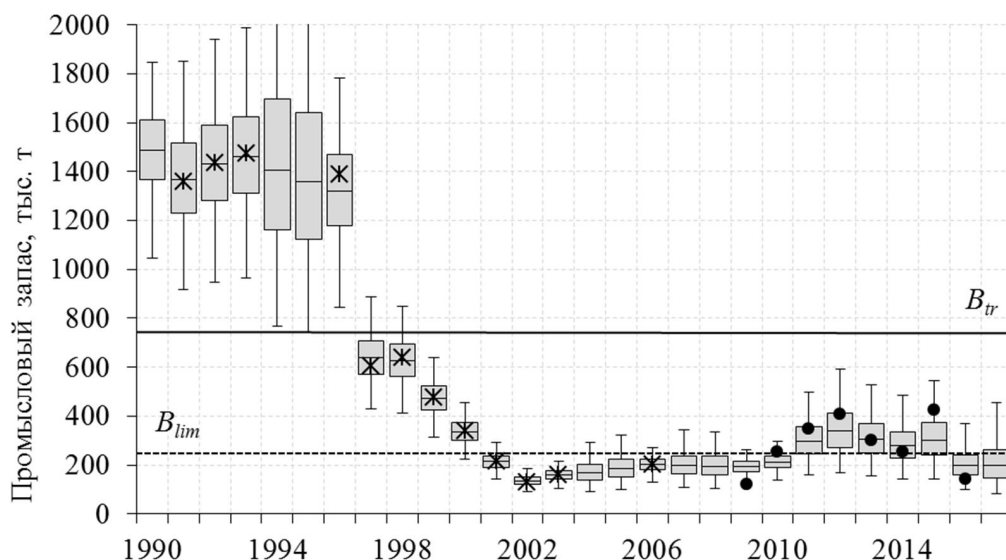


Рис. 5. Динамика промыслового запаса исландского гребешка на Святоносском поселении в 1990–2017 гг., рассчитанная по продукционной модели (□ — диапазон квартилей с медианой; планки погрешностей — 95%-ный доверительный интервал), а также индексы биомассы, рассчитанные по драговым съемкам (Ж) и съемкам, выполненным тралом Сигсби (●) с учетом коэффициентов улавливаемости.

мерно высокий уровень эксплуатации. При последующем снижении промыслового запаса вышел из зоны перелома, незначительно превысив граничный ориентир по биомассе в 2011–2015 гг. В 2016–2017 гг. величина запаса повторно опустилась ниже критического уровня, что говорит о затяжном депрессивном состоянии запаса в последние несколько лет.

На основе ретроспективных данных с использованием стохастических версий продукционной модели были выполнены расчеты ориентиров управления и сформулировано ПРП. С учетом весьма низкого уровня целевого ориентира управления по эксплуатации ($F_{tr} = 0,002$) и высокой неопределенности оценки B_{MSY} (531–901 тыс. т), а также

Таблица 4. Медианные значения с границами 50%-ных и 95%-ных доверительных интервалов параметров продукционной модели и вероятность падения промыслового запаса исландского гребешка на Святоносском поселении в Баренцевом море в 2017 г. ниже ориентиров управления

Параметр	2,5%	25,0%	Медиана	75,0%	97,5%
B_{tr} , тыс. т	531	691	746	800	901
B_{lim} , тыс. т	159	207	224	240	270
F_{tr} , MSY/B_{MSY}	0,0009	0,0017	0,0020	0,0026	0,0036
B_{2017} , тыс. т	82	147	197	261	456
Вероятность (ρ) падения промыслового запаса в 2017 г ниже ориентиров управления					
$\rho(B_{2017} > B_{tr})$	0,99				
$\rho(B_{2017} > B_{lim})$	0,62				

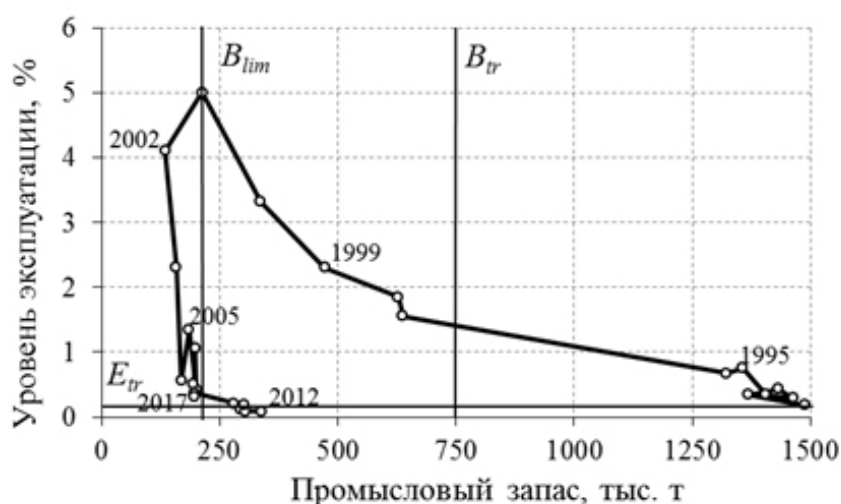


Рис. 6. Динамика промыслового запаса исландского гребешка и уровня его эксплуатации, а также ориентиры управления его запасом (B_{lim} , B_{tr} и E_{tr}) на Святоносском поселении в Баренцевом море в 1990—2017 гг., основанные на расчетах продукционной модели.

депрессивного состояния запаса был предложен однозональный упрощенный подход. ПРП может быть сформулировано в следующем виде.

1) Уровень эксплуатации (доля изъятия F_i) устанавливается не выше целевого уровня эксплуатации ($F_{tr} = 0,002$) при промысловом запасе выше граничного ориентира по биомассе ($B_{lim} = 224$ тыс. т).

2) При промысловом запасе ниже граничного ориентира уровень эксплуатации $F_i = 0$ (возможен только вылов в научных целях).

Результаты имитационного моделирования показали, что ПРП исландского гребешка на Святоносском поселении в Баренцевом море соответствует предосторожному подходу. Модельный анализ целесообразности использования различных элементов ПРП показал, что при целевом уровне изъятия до величины 0,002 приемлем однозональный принцип регулирования, когда рекомендуемое промысловое изъятие не зависит от состояния запаса (если запас выше граничного ориентира), а фиксируется на одном из заданных уровней. Кроме

того, необходимо подчеркнуть, что дополнительные элементы ПРП (целевой ориентир управления по биомассе, граничный ориентир по эксплуатации и др.) могут быть введены в правило в последующие годы при выходе запаса из депрессивного состояния. Вместе с тем целевой уровень изъятия, установленный с учетом периода восстановления запаса, также может быть пересмотрен при достижения запасом уровня B_{MSY} .

Результаты моделирования показывают, что промысловый запас в 2018–2019 гг. оценивается на уровне ниже B_{lim} . Согласно установленному ПРП представляется обоснованным рекомендовать временный запрет промысла гребешка в 2018–2019 гг. При этом пересмотр существующих рекомендаций возможен в случае получения новых данных о состоянии промыслового запаса и его возможного пополнения.

Результаты прогнозирования медианных значений промыслового запаса до 2030 г. с помощью продукционной модели показали, что при отсутствии промысла на протяжении прогнозного периода величина запаса не превысит 200 тыс. т, т. е. будет ниже уровня B_{lim} . При этом верхний диапазон 95%-ного доверительного интервала существенно расширяется, и к 2030 г. величина верхнего предела 95%-ного интервала достигнет 1,8 млн т.

ОБСУЖДЕНИЕ

Информационное обеспечение позволяет оценить состояние запаса как на качественном, опираясь на тренды в индикаторах, так и на количественном уровне, используя простейшую аналитическую модель.

Анализ промысловых индикаторов показал, что производительность промысла не может являться показателем состояния запаса, как, например, в случае с эксплуатацией других видов беспозвоночных и рыб. Существенные ежегодные вариации производительности промысла не могут отражать естественную динамику запаса исландского гребешка, так как промысел в настоящее время

ведется на акватории, размеры которой ничтожно малы по сравнению с размерами всего Святоносского поселения (табл. 1). Высокая ежегодная вариативность производительности характерна для промысла короткоциклических видов с высокой естественной смертностью и широкими флуктуациями пополнения. При эксплуатации исландского гребешка, имеющего весьма продолжительный жизненный цикл, высокая вариативность в производительности промысла связана с тактикой его промысла, когда последовательно облавливаются скопления высокой плотности (Золотарев, 2016). С учетом того, что гребешок промыслового размера является слабомигрирующим животным, его добыча может происходить продолжительное время весьма эффективно. Последовательно облавливая локальные скопления вплоть до полного их истощения, суда могут показывать хорошую производительность лова даже при существенном снижении общего запаса на всей акватории поселения. Сокращение площади промысловых участков может лишь отчасти свидетельствовать об ухудшении состояния запаса, так как при эксплуатации запаса одним судном эффективность промысла может быть высокой продолжительное время даже на сравнительно небольшом участке.

Таким образом, промысловые показатели (производительность промысла и площадь промысловых участков) в настоящее время не могут являться индикаторами состояния запаса и включаться в комплексную качественную и количественную оценку запаса. Данные наблюдателей за последние годы также не зафиксировали каких-либо существенных изменений в размерном составе исландского гребешка Святоносского поселения. Вместе с тем существенное снижение индекса запаса на 1 млн т (с 1,5 до 0,5 млн т) в 1993–1998 гг. при суммарном вылове 50 тыс. т в эти годы дало основание считать, что фактическое изъятие гребешка в виде вылова (прямая промысловая смертность) не может быть основным фактором, влияющим на снижение запаса.

Представляется весьма вероятным, что столь драматичное снижение запаса может быть вызвано побочным воздействием промысла. Во-первых, косвенная промысловая смертность, т. е. минимальная доля животных, травмированных в процессе драгирований и остающихся на дне, оценивается в 5%, а максимальная — в 40% (Золотарев, 2016). Кроме того, при добыче гребешка около 10% особей моллюсков в улове бывают раздавлены и не могут использоваться для выработки продукции. Таким образом, прямой неучтенный ущерб запасам гребешка составляет от 15 до 50% от величины добытого гребешка. Также негативное воздействие на поселения гребешка могут оказывать донные траления при промысле рыбы, хотя долю поврежденных особей при этом оценить сложно. Однако их ущерб зависит также от промысла гребешка, так как промысел рыбы коррелирует с промыслом гребешка. Самым вероятным объяснением этого является привлечение рыбы на акваторию Святоносского поселения отходами гребешкового промысла и поврежденными в его ходе беспозвоночными (Золотарев, 2016).

Следующей причиной является отбраковка некондиционного гребешка в процессе производства готовой продукции. В данном случае некондиционным считается мускул гребешка небелого цвета (доля которого в марте может достигать до четверти готовой продукции) и мускул, распавшийся на кусочки в процессе обработки. Выбракованный мускул не попадает в готовую продукцию и, соответственно, не учитывается при пересчете от готовой продукции к сырцу.

Кроме того, с началом промысла резко сократилась восстановительная способность поселения гребешка из-за особенностей технологического процесса. В связи с тем, что молодь часто прикрепляется к крупным пустым створкам гребешка, она не отсортировывается перед поступлением на обработку и гибнет. С учетом того, что молодь в отдельные годы промысла достигала 30–50% по численности от выловленных моллюсков, убыль пополнения должна быть очень велика.

Еще одной косвенной причиной, которая могла увеличить смертность гребешков всех возрастов, является повышение мутности воды в процессе драгировок и перепаживание дна. Подводные телевизионные наблюдения ПИНРО во второй половине 1990-х гг. показали, что после интенсивного промысла гребешки на большой площади дна оказываются засыпанными песком или вдавленными в грунт. Для *Placorecten magellanicus* было отмечено, что около 30% особей оказываются частично погребенными грунтом (Caddy, 1968; Veale et al., 2000). С учетом того, что они являются сестонофагами, фильтрующими воду, подобная ситуация должна была привести к засорению их жабр песком с последующим затруднением функций дыхания и питания. У остающихся на дне, но сдвинутых драгой гребешков мантийная полость забивается грунтом, повреждаются мягкие ткани и раковины, что приводит к ослаблению моллюсков и к их частой гибели от повреждений или хищников (Brocken, Kenchington, 1999). И если взрослые гребешки при не сильном засорении в дальнейшем способны восстановиться, хоть и с некоторым ослаблением функций (и увеличением вероятности заболеваний), то для молоди это становится смертельным. Особенно сильно это должно сказаться на недавно осевших личинках и молоди первых лет жизни. С учетом того, что резкое сокращение запаса произошло через 7 лет после начала промысла, а промысловой величины гребешки достигают на 9–10-й год, то можно предположить, что увеличение смертности пополнения пришлось в первую очередь на 2–3-леток. Вероятно, особенности жизненного цикла гребешка именно в этом возрасте делают его особо уязвимым от такого воздействия.

Промысел гребешка на Святоносском поселении осуществлялся в основном с помощью судов с автоматизированной обработкой уловов. Это означает, что большинство живых организмов оказываются обработанными (сваренными) и выброшенными за борт, так же за борт выбрасывается и 90% выловленной биомассы гребешка. Масштаб-

ный промысел должен был привести к выбросам в море десятков тысяч тонн органики, что непременно отразится на экологическом и эпидемиологическом состоянии поселения. Возможно, именно это послужило причиной массовой эпизоотии гребешка, которая, в свою очередь, уменьшила запас моллюска (Золотарев, 2016).

Снижение воспроизводительной способности поселения произошло также из-за снижения плотности и численности гребешков. Так как слияние гамет у гребешков происходит в толще воды, то для появления урожайных поколений очень важна высокая концентрация гамет в воде (Howarth, Stewart, 2014). Снижение концентрации уменьшает вероятность встречи и слияния гамет, что сказывается в дальнейшем на количестве личинок и, соответственно, пополнении. К такому же эффекту приводит существующий промысел как раз на крупных, обладающих самым высоким воспроизводительным потенциалом особей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Запасы исландского гребешка на Святоносском поселении в Баренцевом море в настоящее время находятся в депрессивном состоянии. В ближайшие годы их восстановление даже при отсутствии промысла маловероятно. Исследование многолетней динамики промыслового запаса исландского гребешка показывает примерно пятикратное его снижение за время промысловой эксплуатации. Отмеченное в драговых уловах относительное постоянство доли исландского гребешка непромыслового размера косвенно указывает на отсутствие высокоурожайных поколений молоди этого вида, которые впоследствии могли бы восстановить промысловый запас исландского гребешка.

Результаты расчетов показали, что величина целевого ориентира по биомассе промыслового запаса B_{tr} исландского гребешка Святоносского поселения составляет 746 тыс. т. Медианная величина целевого ориентира управления по эксплуатации F_{tr}

равна 0,002 (0,2% от промыслового запаса). Принимая во внимание найденные целевые ориентиры и установленное ПРП, можно ожидать, что при условии временного прекращения драгового промысла и отсутствии высокоурожайных пополнений запаса исландского гребешка в Баренцевом море его восстановление до биологически безопасного уровня займет, вероятно, не менее 15–20 лет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бабаян В.К. Предосторожный подход к оценке общего допустимого улова (ОДУ): Анализ и рекомендации по применению. М.: Изд-во ВНИРО, 2000. 192 с.
- Баканев С.В. Методы оценки ориентиров управления запасом камчатского краба в Баренцевом море // Тр. ВНИРО. 2016. Т. 161. С. 16–25.
- Баканев С.В., Золотарев П.Н. Исследование динамики запаса исландского гребешка *Chlamys islandica* в Баренцевом море с помощью продукционной модели // Вопр. рыболовства. 2016. Т. 16. № 1. С. 49–63.
- Бизиков В.А., Гончаров С.М., Поляков А.В. Географическая информационная система «Карт-Мастер» // Рыб. хоз-во. 2007. № 1. С. 96–99.
- Золотарев П.Н. Биология и промысел исландского гребешка (*Chlamys islandica*) в Баренцевом и Белом морях. Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2016. 256 с.
- Brocken F., Kenchington E. A comparison of scallop (*Placopecten magellanicus*) population and community characteristics between fished and unfished areas in Lunenburg county, N.S., Canada // Can. Tech. Report Fish. Aquatic Sci. 1999. P. 22–58.
- Caddy J., Underwater observations on scallop (*Placopecten magellanicus*) behaviour and drag efficiency // J. Fish. Res. Bd. Canada. 1968. V. 25. № 10. P. 2123–2141.
- Howarth L. M., Stewart B. D. The dredge fishery for scallops in the United Kingdom (UK): effects on marine ecosystems and proposals for future management // Marine Ecosystem Management. 2014. Rep. № 5. 54 p.

- Schaefer M.B.* Some aspects of the dynamics of populations important to the management of the commercial marine fisheries // *Bull. Inter.-Am. Trop. Tuna Comm.* 1954. V. 1. P. 25–56.
- Veale L., Hill A., Hawkins S., Brand A.* Effects of long-term physical disturbance by commercial scallop fishing on subtidal epifaunal assemblages and habitats // *Marine Biol.* 2000. V. 137. P. 325–337.
- Study group on biological reference points for Northeast Arctic cod. Svanhovd, 2003. ICES CM 2003/ACFM: 11. 43 p.

HARVEST CONTROLE RULE FOR THE ISLAND SCALLOP WITHIN THE NEW APPROACH TO THE BARENTS SEA STOCK ASSESSMENT

© 2018 г. S. V. Bakanev, I. E. Manushin

Knipovich Polar Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography, 183038

The paper presents brief results of the Barents Sea Iceland scallop stock status estimation and fishery management. At present, the Iceland scallop *Chlamys islandica* stocks in the Barents Sea Cape Svyatoy Nos settlement are in the depressive state. The long-term dynamics of the commercial stock shows approximately five time reduction during the fishery exploitation period. A stochastic version of the Shaefer production model was used for the integrated assessment of the stock status, the calculation of TAC and reference points and the forecast of the biomass dynamics. The reference point by the commercial stock biomass (B_{tr}) of the Iceland scallop from the Cape Svyatoy Nos settlement equaled to 224 thousand t. A median value of the target reference point by exploitation (F_{tr}) was estimated at 0.002. It can be expected that if the dragging has been temporarily stopped and there is no strong recruitment of the Iceland scallop stock in the Barents Sea, it will, probably, take the Iceland scallop 15-20 years, at least, to recover to the biological safe level.

Keywords: the Iceland scallop *Chlamys islandica*, the Barents Sea, stock status, harvest control rule.

Компьютерная верстка

М.Е. Котова

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ №ФС77-45410
от 15 июня 2011 г. в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных
технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)
Учредитель — ФГБНУ «ВНИРО»

Подписано в печать 24.08.2018 г.
Печать офсетная

Формат бумаги 60×90 1/8
Бумага 70 г/м²

Тираж 100 экз.

Редакция журнала «Вопросы рыболовства»
Тел.: 8 (499) 264-65-33, e-mail: vr@vniro.ru

Отпечатано в ООО «Амирит»,
г. Саратов, ул. Чернышевского, д. 88.
Тел. 8 (8452) 24-86-33.