

ОБЗОРЫ

УДК 595.384.2:639.2(268.45)

**ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОМЫСЛА КРАБА-СТРИГУНА
CHIONOECETES OPILIO В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ**

© 2017 г. С.В. Баканев

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

Поступила в редакцию 22.11.2016 г.

В работе описано современное состояние запаса краба-стригуна опилио в Баренцевом море, а также рассмотрены факторы, влияющие на процесс его акклиматизации. На основе моделирования пространственного распределения вида оценены потенциальные площади промысловых скоплений и ареала краба-вселенца при его полной натурализации. В настоящее время площадь распределения краба составляет порядка 760 тыс. км², или около 30% акватории Баренцева моря. Однако потенциал дальнейшего расселения краба полностью не реализован. Результаты международного и отечественного промысла в баренцевоморском регионе в 2013–2016 гг. показали хорошие перспективы развития его добычи. Современный промысловый запас краба-стригуна опилио в российских водах Баренцева моря оценен на уровне 400 тыс. т с возможностью годового изъятия около 40–80 тыс. т. Дальнейший рост запаса возможен как за счет увеличения численности популяции в рамках существующего ареала, так и в результате его расширения.

Ключевые слова: краб-стригун опилио, Баренцево море, запас, промысел.

ВВЕДЕНИЕ

Первые поимки краба-стригуна опилио *Chionoecetes opilio* в Баренцевом море были отмечены в середине 1990-х гг. (Kuzmin et al., 1998; Павлов, 2006). В течение последних 20 лет краб-вселенец активно размножался, занимая новые акватории и образуя промысловые скопления. С 2013 г. в открытой части Баренцева моря (ОЧБМ) начался его нерегулируемый промысел. Суммарный международный вылов в 2014–2016 гг. превысил уровень 50 тыс. т (Краб-стригун ..., 2016).

В 2016 г. после проведения аукциона по распределению квот на вылов краба-стригуна опилио был открыт промысел этого биоресурса в Исключительной экономической зоне Российской Федерации (ИЭЗ РФ). Добыча краба-стригуна в российских водах велась со средней производительностью 8 т на судод-сутки лова, что существенно пре-

вышает средние показатели производительности как в ОЧБМ, где уже наблюдаются признаки перелова, так и на промысле в дальневосточных регионах РФ.

Цель настоящей работы — оценка перспектив отечественного промысла краба-стригуна опилио в российских водах Баренцева моря на основе анализа данных о современном состоянии его популяции. Кроме того, предпринята попытка с помощью вероятностной модели распределения вида (species distribution model, SDM: Elith, Leathwick, 2009) оценить влияние различных факторов среды на современное распределение краба и возможности дальнейшего расширения его ареала. На основании комплексного использования результатов этой модели и модели истощения Лесли выполнена экстраполяция оценки общего и промыслового запасов краба-стригуна опилио в Баренцевом море.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В работе использованы данные ФГБНУ «ПИНРО» по уловам краба-стригуна в Баренцевом море, полученные в ходе комплексной российско-норвежской экосистемной съемки в 2005–2016 гг. Ежегодные съемки проводились по стандартной методике в летне-осенний период и охватывали большую часть акватории Баренцева моря на площади, в среднем составляющей около 1500 тыс. км² (Eriksen, 2012). Каждая съемка проводилась одновременно 4–5 судами. Сбор материала осуществляли донным тралом Sampelen с горизонтальным раскрытием 25 м, вертикальным — 5 м и вставкой в кутовой части из дели с ячейей 22 мм. Количество донных тралений, выполненных за съемку, варьировало от 311 до 649. Общее количество пойманных крабов составило 82953 экз. (табл. 1).

Состояние запаса краба-стригуна опилио в Баренцевом море оценивали по следующим показателям: встречаемость вида, его численность и величина промыслового запаса.

Встречаемость вида. Для оценки встречаемости краба-стригуна опилио в Баренцевом море и анализа факторов среды, определяющих успешность акклиматизации, было использовано семейство картографических моделей распределения вида SDM, реализованных в библиотеке Biomod2 статистической среды R. Для этого акватория Баренцева моря была разбита на 2372 полигона регулярной сеткой с шагом 0,25° с. ш. и 0,5° в. д. Западная граница рассматриваемого участка была ограничена 1000-метровой изобатой. Северная граница соответствовала параллели 81° с. ш. Южная и восточная границы соответствовали береговой линии материка и архипелага Новая Земля. Средняя площадь одного полигона составила 0,807 тыс. км², а общая площадь акватории — 1915 тыс. км². Кроме порядкового номера и координат атрибуты полигона для пространственного моделирования включали в себя зависимую переменную — регистрацию вида (1 — краб есть, 0 — краба нет, NA — наблюдение отсут-

ствует) — и ряд независимых (объясняющих) переменных, т. е. факторов среды. В качестве факторов среды были использованы:

1) глубина (м), взятая из глобальной геодезической базы данных (<http://topex.ucsd.edu/>);

2) коэффициент вариации глубин внутри полигона (%), рассчитанный с помощью встроенных геостатистических функций библиотек RPSmapping статистической среды R;

3) удаленность от ядра начального расселения краба, оцениваемая как расстояние (км) от геометрического центра (73°21′с.ш., 43°30′з.д.) акватории распределения краба в первые годы его поимок, которое рассчитано с помощью встроенных геостатистических функций библиотек geoshere статистической среды R;

4) размер частиц грунта (мм), полученный на основании оцифровки карт 1933–1943 гг. Государственного океанографического института, а также электронных карт норвежского проекта Mareano (<http://www.mareano.no/>);

Таблица 1. Объем материала по крабу-стригуну опилио, полученного в ходе экосистемных съемок Баренцева моря в 2005–2016 гг.

Год	Число		
	тралений	тралений с крабом	крабов, экз.
2005	623	10	14
2006	649	29	61
2007	550	56	134
2008	608	77	670
2009	452	66	284
2010	387	58	400
2011	331	84	6657
2012	401	121	37737
2013	455	132	19020
2014	493	87	12871
2015	304	89	3125
2016	311	84	1980

5) придонная температура ($^{\circ}\text{C}$), горизонтальный градиент температуры ($^{\circ}\text{C}/\text{км}$) и соленость (‰), рассчитанные в каждом полигоне интерполяционным методом Кригинга (Титов и др., 2007) на основе фактических измерений, полученных в ходе экосистемных съемок последних лет (2010–2016 гг.);

6) скорость (м/с) и направление ($^{\circ}$) течений, рассчитанные с помощью трехмерной численной гидродинамической модели (Трофимов, 2000) на основе фактических измерений, полученных в ходе экосистемной съемки 2013 г.;

7) концентрация растворенного кислорода ($\text{моль}/\text{м}^3$), нитратов ($\text{ммоль}/\text{м}^3$) и фосфатов ($\text{ммоль}/\text{м}^3$), взятые из глобальной базы данных World Ocean Atlas за период 2010–2015 гг. (WOA, <https://www.nodc.noaa.gov/>);

8) биомасса макробентоса (кг на 1 милю траления), рассчитанная в каждом полигоне интерполяционным методом Кригинга на основе траловых уловов, полученных в ходе экосистемных съемок 2005–2016 гг.

Качество полученных моделей исследовали как статистически, так и на основе экспертных представлений о распространении вида на исследуемой акватории. Для статистической оценки выбран показатель AUC (area under receiver operating characteristic (ROC) curve; площадь под ROC-кривой) — непараметрический иерархический инструмент, используемый для оценки прогнозной способности модели (Fielding, Bell, 1997). Из полученных в ходе моделирования результатов выбирали наилучший по минимальному стандартному отклонению AUC, рассчитанный для обучающего и тестового наборов данных (Warren, Seifert, 2011).

Формирование базы картографических данных, геостатистические расчеты параметров, визуализацию результатов выполняли с помощью библиотек RBSmapping и geosphere статистической среды R. Выбор модели вероятности распределения краба-стригуна опилио, ее диагностика, а также оценка влияния переменных на результаты

моделирования осуществлены с помощью встроенных функций библиотеки biomod2. В качестве оценки влияния того или иного фактора на распределение вида использована расчетная доля вклада каждой переменной, полученная с помощью процедуры пермутации (Fisher, 1935). Суть метода состоит в анализе корреляционной связи между прогнозными значениями двух вариантов модели: с обычным набором независимых переменных и при замещении исследуемой переменной ее рандомизированным аналогом. При этом чем ниже корреляция, тем выше влияние исследуемой переменной, и наоборот (Mielke, Berry, 2001).

Для оценки потенциального ареала краба в Баренцевом море вероятностное распределение встречаемости рассчитывали в виде трех вариантов прогноза при разной температуре: среднемноголетней за 2010–2016 гг., ниже среднемноголетней на 1°C и выше среднемноголетней на 1°C . Площадь распространения общего запаса рассчитывали на акватории с вероятностью встречаемости краба более 50%, т.е. в тех случаях, когда вид можно считать константным (Иогансен, Файзова, 1978).

Численность. Индекс численности краба-стригуна опилио вычислялся как средний арифметический улов (экз. на 1 милю траления) на учетной акватории съемки в ИЭЗ РФ в 2005–2016 гг. Для сравнимости результатов с учетом высокой изменчивости площади исследований в разные годы учетная акватория была ограничена районом проведения съемки в ИЭЗ РФ в 2016 г.

Из-за низкой облавливаемости краба в ходе съемок в отдельные годы, а также наблюдаемой синхронной межгодовой изменчивости индексов численности массовых видов бентоса было сделано предположение о том, что динамика уловов краба-стригуна опилио, как бентосного организма, обусловлена не только естественной динамикой численности его популяции, но и межгодовой изменчивостью уловистости трала. Для устранения влияния изменчивости уловистости трала на индекс численности кра-

бов была выполнена следующая процедура: динамика средних арифметических уловов краба (C , экз. на 1 милю траления) сравнивалась с динамикой приловов массовых видов бентоса. На основании анализа трендов были выделены виды, межгодовая динамика средних арифметических уловов которых была близка к динамике уловов краба-стригуна опилио: *Vuccinum hydrophanum*, *Chlamys islandica*, *Ciliatocardium ciliatum*, *Colus sabini*, *Crossaster ramosus*, *Ctenodiscus crispatus*, *Hyas araneus*, *Icasterias panopla*, *Pagurus pubescens*, *Sclerocrangon ferox*, *Strongylocentrotus pallidus*, *Urasterias linckii*. Через нормирование средних уловов определенного года к среднему улову за весь период наблюдений вычисляли коэффициент относительной уловистости каждого вида бентоса в определенный год. Затем оценивали осредненную динамику коэффициента относительной уловистости массовых видов бентоса (q) в 2005–2016 гг. и рассчитывали индекс численности краба-стригуна опилио (I) в году t по формуле: $I_t = C_t/q_t$.

Промысловый запас. Для оценки промыслового запаса использованы данные отечественного промысла краба-стригуна опилио в ОЧБМ за 2014–2016 гг. Для формирования временных рядов данных использовали базу данных ПИИРО «Промысел», сформированную на основе судовых суточных донесений ФГБУ «Центр системы мониторинга рыболовства и связи». В анализе промысла учитывали следующие характеристики каждой промысловой операции: название и тип судна; тип и количество ловушек; дату; координаты и глубину; улов краба (кг) на одну ловушку. Для оценки запаса на акватории промысла использовали модель истощения Лесли с временным шагом, равным одному кварталу (Баканев, 2015а). Величина оцененного запаса в 2014–2016 гг. была соотнесена с площадью акватории промысла для получения плотности распределения промыслового запаса на акватории ОЧБМ. Для получения минимального значения промыслового запаса опилио в ИЭЗ РФ величины плотности крабов, полученные в ОЧБМ для

2014 г. (до начала промысла в РФ), были экстраполированы на площадь распространения крабов промыслового размера в ИЭЗ РФ, оцененную по результатам экосистемных съемок 2012–2016 гг. Промысловый запас на конец 2016 г. оценивали в трех районах: ИЭЗ РФ, ОЧБМ и прибрежные районы архипелага Шпицберген.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В настоящее время краб-стригун опилио стал обычным и наряду с северной креветкой одним из самых массовых представителей донной фауны восточных и северо-восточных районов Баренцева моря. Площадь встречаемости этого вида составляет порядка 900 тыс. км², или около 30% акватории Баренцева моря (рис. 1). Северная граница его распространения доходит до 80° с. ш. вплоть до прибрежных вод архипелага Земля Франца-Иосифа. Южный край ареала очерчивается находками в прибрежных водах, прилегающих к материковому берегу, островам Колгуев и Вайгач. Западная граница ареала достигла 30-го меридиана западной долготы, однако единичные находки краба регистрировали вплоть до прибрежных вод о. Эдж архипелага Шпицберген. На востоке границы ареала примыкают к архипелагу Новая Земля и, огибая его с севера и юга, уходят в воды Карского моря.

С момента первой поимки краба-стригуна опилио в 1996 г. до начала промышленной эксплуатации запаса (2013 г.) наблюдался взрывообразный характер роста его численности, активное заселение восточной части Баренцева моря, появление промысловых скоплений и новых высокоурожайных поколений (Баканев, 2015б). В последние 3–4 года расширения ареала не отмечено, однако исходя из экологических особенностей баренцевоморской популяции натурализация вида не может в настоящее время считаться завершенной в отдельных районах Баренцева моря и сопредельных водах (Стрелкова, 2016). Картографическое моделирование пространственного распространения краба-

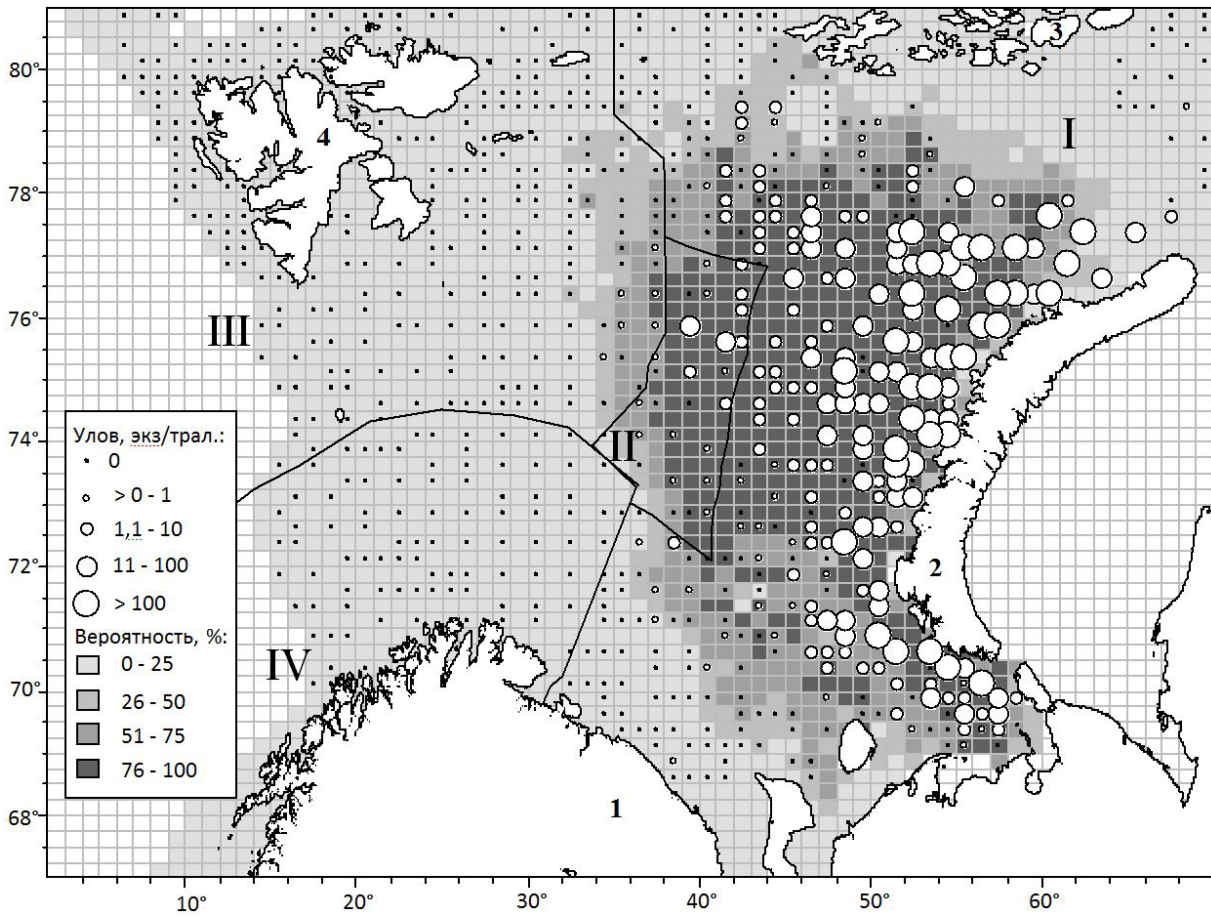


Рис. 1. Картограмма средних уловов и вероятности встречаемости краба-стригуна опилию в период экосистемных съемок в 2010–2016 гг. в Баренцевом море: I – исключительная экономическая зона (ИЭЗ) РФ, II – открытая часть Баренцева моря, III – район архипелага Шпицберген, IV – ИЭЗ Норвегии, 1 – Кольский полуостров, 2 – архипелаг Новая Земля, 3 – архипелаг Земля Франца-Иосифа, 4 – архипелаг Шпицберген.

стригуна опилию в Баренцевом море не выявило факторов среды, препятствующих его проникновению в северо-западную часть Баренцева моря, т.е. в прибрежные воды архипелага Шпицберген.

Анализ влияния факторов на распределение краба показал, что наиболее значительный вклад приходится только на одну переменную – удаленность от ядра начального расселения краба. Климатические и ландшафтные факторы в настоящее время существенно не влияют на его расселение (табл. 2). В терминах биогеографии фактор удаленности от очага распространения является историческим (Второв, Дроздов, 2001). При полной натурализации вида и заселения им всей потенциально пригодной для обита-

ния акватории вклад такого исторического фактора в распределение краба должен стать незначительным.

Рассмотрим подробнее физико-географические факторы и их влияние на распределение краба-стригуна опилию в Баренцевом море.

Глубина. Краб-стригун опилию в 2005–2016 гг. в Баренцевом море встречался на глубинах от 17 до 380 м, но чаще всего его отмечали в диапазоне глубин 140–270 м. В настоящее время краб в своей экспансии не достиг районов материкового склона с глубинами 400–1000 м на западе и северо-востоке моря. Однако хорошо известно, что в нативном ареале краб-стригун не только отмечается на глубоководных участках, но

Таблица 2. Физико-географические факторы и их показатели, характеризующие район исследования (Баренцево море) и ареал краба-стригуна опилио, а также доля вклада этих факторов в распределение вида

Фактор среды	Баренцево море			Ареал краба			Вклад фактора
	2,5%	Медиана	97,5%	2,5%	Медиана	97,5%	
Удаленность от очага расселения, км	129	617	1166	76	352	653	0,749
Глубина, м	20	210	553	24	219	339	0,102
Коэффициент вариации глубины, %	0	22	89	3	17	60	0,073
Размер частиц грунта, мм	0,07	0,25	3,00	0,10	0,25	3,00	0,088
Придонная температура, °С	-0,90	0,65	6,96	-1,35	0,15	2,54	0,124
Градиент температуры, °С/км	0,001	0,016	0,051	0,003	0,018	0,043	0,002
Направление течений, °	22	208	359	27	210	346	0
Скорость течений, м/с	0	0,05	0,21	0,01	0,05	0,15	0,009
Соленость, ‰	33,61	34,94	35,11	33,43	34,96	35,03	0,030
Концентрация нитратов, ммоль/м ³	2,14	5,55	8,69	2,26	4,57	6,76	0,161
Концентрация фосфатов, ммоль/м ³	0,37	0,50	0,66	0,40	0,46	0,57	0,331
Концентрация кислорода, моль О ₂ /м ³	6,64	7,70	8,06	7,53	7,80	8,06	0,135
Плотность распределения бентоса, кг на 1 милю траления	0	3,48	104,30	0	12,18	135,49	0,004

и образует на них промысловые скопления (Слизкин, 1982). Таким образом, глубина Баренцева моря не может рассматриваться как лимитирующий фактор, а относительно высокий ее вклад (0,102) при моделировании встречаемости вида объясняется удаленностью глубоководных районов от очага его расселения.

Коэффициент вариации (CV) глубины отражает степень перепадов глубин или неровности дна в рамках отдельного полигона и может быть использован в исследовании приуроченности вида к различным элементам ландшафта (Второв, Дроздов, 2001). В Баренцевом море краб отмечался как на относительно пологих участках дна ($CV < 10\%$), так и на весьма неровных прибрежных участках со сложным рельефом ($CV > 50\%$). Вклад

фактора в распределение вида незначителен, каких-либо связей частоты встречаемости с величиной CV глубины не выявлено.

Размер частиц грунта отражает тип грунта, который для многих бентосных организмов является одним из главных ареалообразующих факторов (Саускан, 1996). Почти все дно Баренцева моря покрыто песчаным илом (64%, размер частиц – 0,01–0,25 мм) и илистым песком (22%, размер частиц – 0,26–0,75 мм), на которых было отмечено подавляющее большинство краба-стригуна опилио. Реже животные встречались на грунтах с примесью ракушки, гальки, гравия и камней. Крайне редко отмечалось их присутствие на грунтах, где преобладали крупноалевритовые осадки с губкой и камнями. В нативном ареале краб предпочитает

илистые и песчано-илистые грунты. Однако молодь, которая в большей степени встречается на мелководье, чаще отмечается на песчаных и илесто-гравийных грунтах (Слизкин, 1982; Dufour, 1988; Иванов, Соколов, 1997). Таким образом, тип грунта на большей части Баренцева моря оптимален для жизнедеятельности краба стригуна-опилио и не является лимитирующим его расселение фактором (вклад в распределение относительно низок — 0,088).

Придонная температура является в значительной степени лимитирующим фактором, ограничивающим дальнейшее расселение краба в районы с повышенным теплосодержанием вод (Баканев, 2015б). Краб в настоящее время встречается в диапазоне придонных температур от $-1,5^{\circ}\text{C}$ до $6,5^{\circ}\text{C}$. Однако наибольшие показатели плотности поселения отмечены при придонных температурах от $-1,35^{\circ}\text{C}$ до $2,54^{\circ}\text{C}$. Этот диапазон охватывает 75% учетной площади в Баренцевом море. Данные моделирования показывают, что вклад фактора температуры в модель составляет 0,124, однако он значительно возрастает (до 0,824) при моделировании без учета исторического фактора удаленности от очага расселения. То есть придонная температура будет более значимо влиять на завершающих этапах расселения. При этом долговременное изменение температуры может существенно лимитировать распределение краба при прогнозе его расселения (рис. 2).

При температуре, которая наблюдалась в 2010–2016 гг., акватория встречаемости краба может увеличиться в 1,6 раза, при этом площадь распространения краба увеличится до 1,2 млн км². Расширение ареала произойдет за счет северных районов Баренцева моря (рис. 2, б). При похолодании придонных слоев на 1°C акватория, заселенная крабом-стригуном, увеличится в 2,4 раза по сравнению с современным распределением (рис. 2, в).

В этом случае площадь распространения вида может составить 1,8 млн км². Похолодание будет способствовать дальнейшей

экспансии краба в западном направлении. При увеличении средней придонной температуры на 1°C площадь распространения краба может сократиться, и при его полной акклиматизации в Баренцевом море ареал может составить 616 тыс. км², т.е. на 30% меньше площади современного распределения.

Вклад *горизонтального градиента температуры, направления течений, скорости течений и солености* по оценке вероятностной модели распределения оценивается как незначительный. Однако одним из основных абиотических факторов, способствующих широкому расселению краба в Дальневосточном регионе, является направление течений, переносящих личинок (Слизкин, 1982). В Баренцевом море существует сложная система поверхностных и глубинных течений, самым общим свойством которых является движение вод против часовой стрелки (Новицкий, 1961). Это свойство благоприятно сказалось на успешной акклиматизации вида, направив основной вектор расселения на северо-восток в район с наиболее оптимальным температурным режимом ($< 3^{\circ}\text{C}$) для развития молоди. Дальнейшему расселению краба в северо-западном направлении могут способствовать холодные течения из Арктического бассейна, направленные к югу от архипелага Земля Франца-Иосифа и вдоль восточных прибрежных районов архипелага Шпицберген.

Одним из возможных факторов, ограничивающих распространение краба в прибрежных районах, является соленость придонных вод, которые часто подвержены значительному опреснению (Anger, 2003). В то же время известно, что краб достаточно часто образует плотные скопления при пониженной солености вплоть до 32‰ (Слизкин, 1982). Учитывая, что 2/3 акватории Баренцева моря находятся под влиянием атлантических вод и даже на поверхности моря соленость воды превышает 34‰, а на остальной акватории моря соленость колеблется в пределах 32–34‰ (Добровольский, Залогин, 1982), фактор солености не будет играть значимую роль в дальнейшем расселении краба.

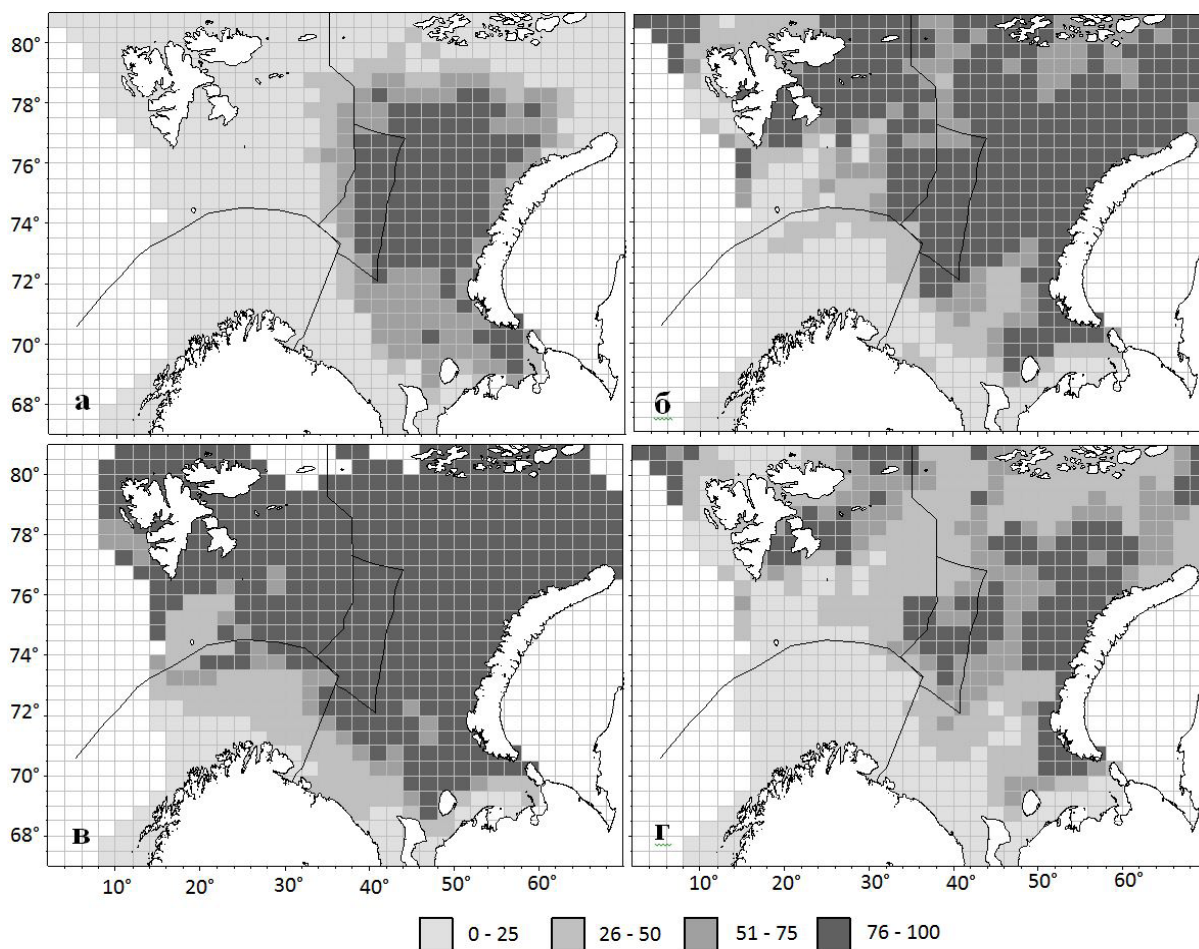


Рис. 2. Вероятность встречаемости (%) краба-стригуна в Баренцевом море в 2010–2016 гг. (а), а также прогноз его распределения при температуре, равной средней многолетней (б), ниже средне-многолетней на 1°С (в) и выше среднемноголетней на 1°С (г).

Вклад концентрации нитратов, фосфатов и кислорода оценивается весьма высоко (от 0,135 до 0,331). Такой значительный вклад этой группы факторов обусловлен, прежде всего, распределением вида по отношению к распределению типов водных масс Баренцева моря. В настоящее время краб практически не встречается в районах с атлантическими водами, которые наиболее широко распространены в западной части моря (к западу от 35° в.д.) (Ожигин и др., 2016). Атлантические воды характеризуются не только повышенным теплосодержанием, но и высокой концентрацией биогенных элементов (нитратов и фосфатов) и сравнительно низкими показателями растворенного кислорода. Возможно, что концентрации рассматриваемых компонентов не являются сами

по себе лимитирующими для расселения и не влияют непосредственно на распределение вида, однако эта гипотеза может быть подтверждена только при обнаружении скоплений краба в районах архипелага Шпицберген. В этих районах атлантические водные массы, смешиваясь с арктическими водами, охлаждаются до оптимальных для обитания краба температур и при этом имеют сравнительно высокое содержание биогенных элементов.

Таким образом, основные абиотические факторы среды в Баренцевом море, влияющие на распределение краба-стригуна, не препятствуют успешной дальнейшей акклиматизации вида, колонизации им новых акваторий и формированию плотных поселений в северном и северо-западном районах Баренцева моря. Многие авторы в числе факторов,

влияющих на распределение краба-стригуна, справедливо указывают следующие биотические особенности: наличие кормового бентоса и хищников (Кобякова, 1958; Слизкин, 1982; Галкин, 1985). Бесспорно, что для формирования плотных скоплений краба, на основе которых можно организовать успешный промысел, необходимы существенные пищевые ресурсы. Весьма важно при этом отсутствие каннибализма и массовых хищников, которые могли бы подорвать численность популяции на ранних стадиях развития. Однако некоторые из авторов отмечают важность наличия кормовой базы в контексте формирования промысловых скоплений. К сожалению, недостаток данных о распределении кормового бентоса в северо-западных районах Баренцева моря не позволяет количественно доказать эту гипотезу. Включение данных о приловах бентосных организмов в ходе экосистемных съемок (*плотность распределения бентоса*) в моделирование распределения краба-стригуна опилио говорит о том, что влияние этой переменной в настоящее время незначительно по сравнению с абиотическими факторами среды.

Одним из важных показателей состояния промысловой популяции является динамика его численности или биомассы, которая может быть получена прямыми методами учета (исследовательская съемка) или аналитическим способом (моделирование системы «запас—промысел»). До настоящего времени аналитические подходы к оценке запаса краба-стригуна опилио в Баренцевом море применялись ограниченно и требовали большого уровня допущений (Баканев, Павлов, 2010), поэтому оценка динамики запаса основывалась на прямом учете в ходе экосистемных съемок.

Вместе с тем анализ данных учета как краба-стригуна, так и других крупных бентосных организмов в 2005—2016 гг. показал, что «вспышки» численности краба в 2012—2013 гг., а также «провалы» в 2015—2016 гг. совпадают с тенденциями в изменениях численности основных бентосных видов (табл. 3). Учитывая, что синхронность в популяционных динамиках различных видов бентоса маловероятна, причиной таких изменений, вероятно, являлась изменчивая уловистость трала по отношению к донным

Таблица 3. Оценки относительной численности краба-стригуна опилио и бентоса по результатам экосистемных исследований в Баренцевом море в 2005—2016 гг.

Год	Средняя плотность распределения, экз/траление		Коэффициент относительной уловистости бентоса (q)	Индекс численности краба $I_i = C_i/q_i$, экз/траление
	краба по съемке, C	бентоса по съемке		
2005	0,17	62	0,04	4,43
2006	1,42	1006	1,10	1,29
2007	1,62	633	0,38	4,32
2008	7,21	1437	1,05	6,88
2009	2,78	130	0,21	13,19
2010	7,51	358	0,31	24,17
2011	53,60	701	0,52	103,88
2012	410,25	10442	5,60	73,20
2013	168,64	1990	1,48	113,75
2014	128,18	1737	0,96	133,93
2015	24,14	311	0,23	106,15
2016	12,53	203	0,13	96,25

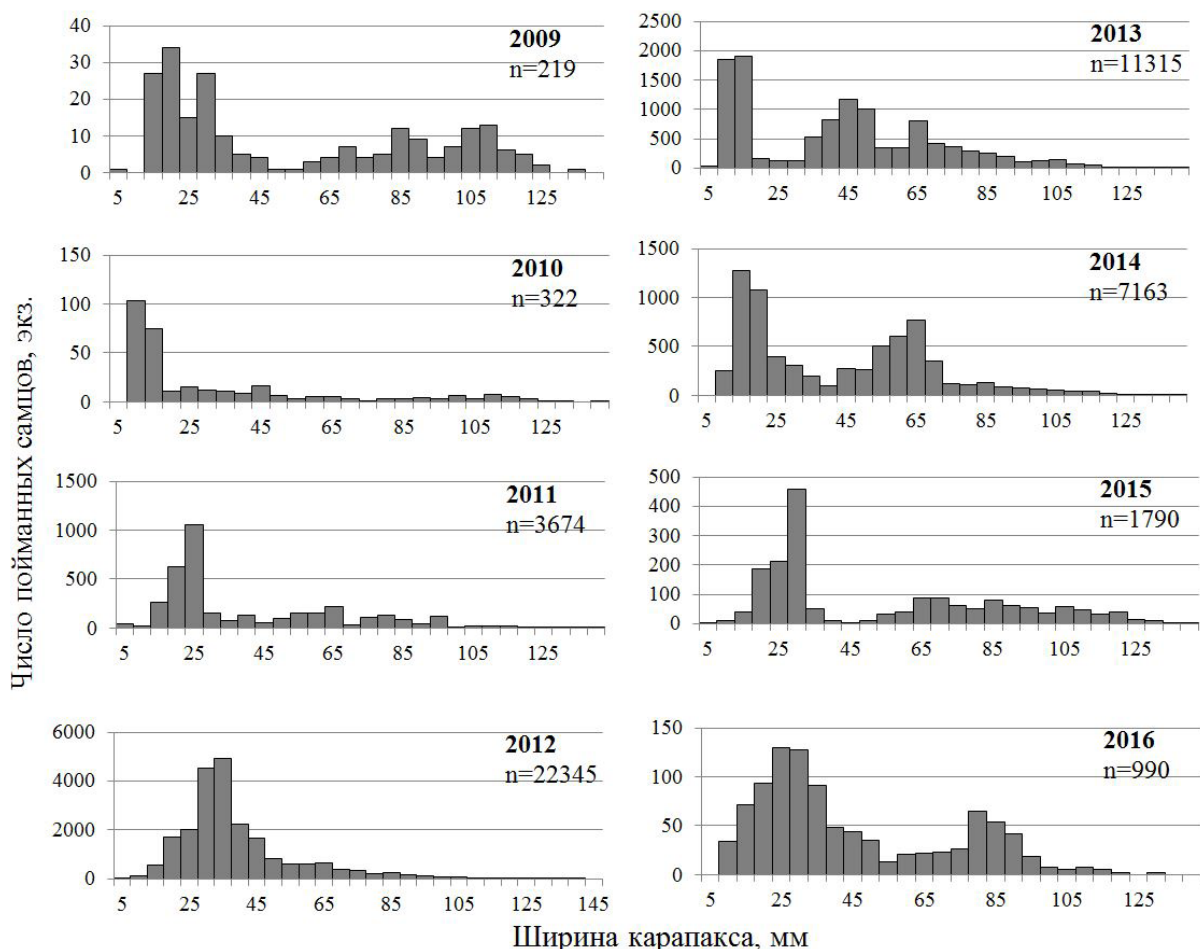


Рис. 3. Размерный состав уловов краба-стригуна опилю в Баренцевом море по результатам экосистемных съемок в 2009–2016 гг., n — число исследованных особей.

организмам. При этом относительную уловистость разных видов бентоса возможно оценить, если допустить, что в 2005–2016 гг. глобальных популяционных изменений в бентосных сообществах не происходило и численность популяций основных массовых видов в среднем была сравнительно стабильной (см. раздел «Материал и методика»).

С учетом полученного коэффициента относительной уловистости бентоса, значения которого были максимальными в 2012–2013 гг. и минимальными в 2015–2016 гг., динамика рассчитанного индекса численности краба не имеет ярко выраженного пика в 2012 г. и значительного снижения в 2015 г., что наблюдается при прямых оценках индекса численности на основе его уловов в ходе съемок. Основываясь на показателях индекса численности, в динамике

запаса можно выделить три периода: низкой численности в 2005–2008 гг., активного роста в 2009–2010 гг. и высокой численности в 2011–2016 гг. Однако в силу высоких неопределенностей в оценке индекса численности и снижающихся показателях относительной уловистости трала с 2012 г. весьма сложно судить об истинной динамике запаса в последние годы. Например, изменения размерного состава показывают, что в популяции краба периодически появляются высокоурожайные поколения, которые могут влиять на общую динамику численности популяции, а также величину его промыслового запаса (рис. 3).

В 2010 г. в уловах были отмечены крабы многочисленного поколения 2009 г. с шириной карапакса (ШК) 10–15 мм. В 2010–2013 гг. это высокоурожайное по-

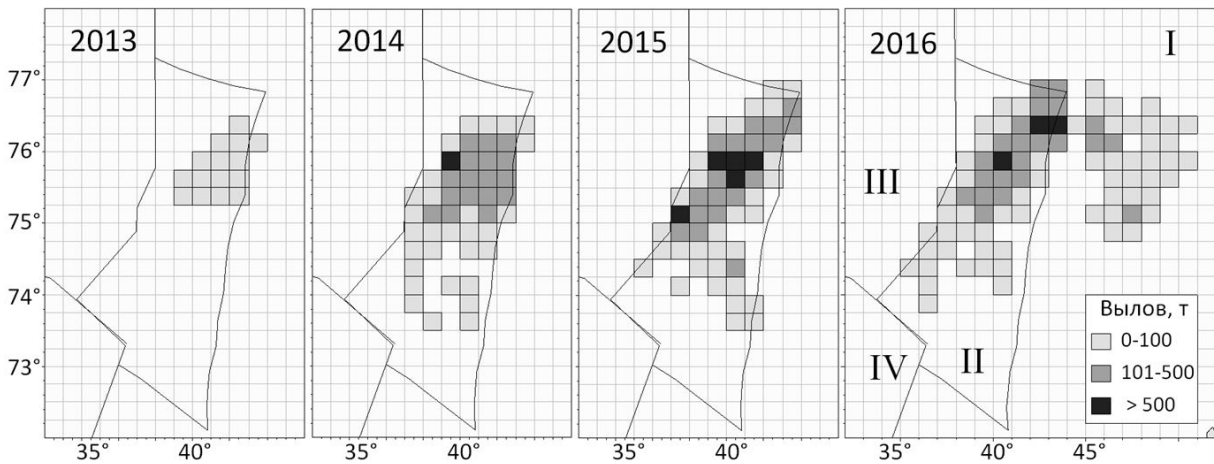


Рис. 4. Картограммы российского вылова краба-стригуна опилио в 2013–2016 гг. в Баренцевом море: I — исключительная экономическая зона Российской Федерации, II — открытая часть Баренцева моря, III — район архипелага Шпицберген, IV — исключительная экономическая зона Норвегии.

коление доминировало в размерном составе уловов. В 2013 г. были отмечены крабы еще одного высокоурожайного поколения 2012 г. с ШК 10–15 мм, в 2014–2016 гг. особи двух высокоурожайных поколений составили основу размерно-частотного распределения уловов. Большинство особей поколения 2009 г. должны достигнуть промысловых размеров в 2016–2017 гг. и при этом существенно увеличить величину промыслового запаса. Однако в связи со снижающейся уловистостью трала в ходе экосистемных съемок эти тенденции подтвердить пока не удастся.

Таким образом, высокая неопределенность в индексах численности баренцевоморского краба-стригуна опилио не позволяет уверенно использовать их в качестве индикаторов состояния запаса в определенный год оценки. Поэтому результаты траловых съемок лишь косвенно могут быть использованы для оценки статуса запаса краба, опираясь на изменения размерного состава его уловов, площади встречаемости и общих тенденций в динамике индекса численности последних лет. Основой будущих оценок запаса и прогноза общего допустимого улова (ОДУ) краба-стригуна опилио могут стать данные, получаемые в ходе промысла. Как и в случае с запасом камчатского краба в Баренцевом море, при недостатке информационной обеспеченности оценки запаса одними

из перспективных аналитических методов могут стать регрессионные модели снижения производительности промысла в течение промыслового сезона с учетом накопленного вылова, т.е. модели истощения (Баканев, 2015а). Рассмотрим первые результаты промысла краба-опилио в Баренцевом море.

Освоение запаса краба-стригуна опилио в Баренцевом море началось в середине 2013 г. в центральном районе моря за пределами национальных экономических зон. Промысел проводился одним судном под флагом Испании и двумя норвежскими краболовами. В декабре 2013 г. два российских судна присоединились к нерегулируемой добыче в этом районе. Акватория российского промысла занимала северо-восточную часть ОЧБМ, где наблюдались максимальные по плотности скопления (рис. 4).

В 2014 г. в промысле участвовали 12 российских специализированных краболовных судов, оснащенных тремя типами ловушек: коническими, трапециевидными и прямоугольными. Большинство судов использовали конические ловушки (табл. 4). В связи с этим для расчета средней производительности промысла по месяцам была использована промысловая статистика с судов, вооруженных именно этим типом ловушек. Максимальная производительность промысла была отмечена во втором квартале (май,

Таблица 4. Характеристика российского промысла краба-стригуна опилио в Баренцевом море в 2013–2016 гг.

Год	Число			Производительность*, кг/ловушку	Средний вылов на судно-сутки лова, т	Вылов ловушками всех типов, т
	судов на промысле	суток на промысле	ловушек, тыс. шт.			
Открытая часть Баренцева моря						
2013	2	22	2,4**	-	2,82	62,0
2014	12	1153	788,7	4,80	3,29	4104,2
2015	20	3119	2894,7	3,07	2,85	8894,6
2016	18	2338	2489,8	2,49	2,65	6199,4
Исключительная экономическая зона РФ						
2016	5	178	91,7	12,49	8,43	1499,9

Примечание. *Дана для конусных ловушек, **прямоугольные и трапециевидные ловушки.

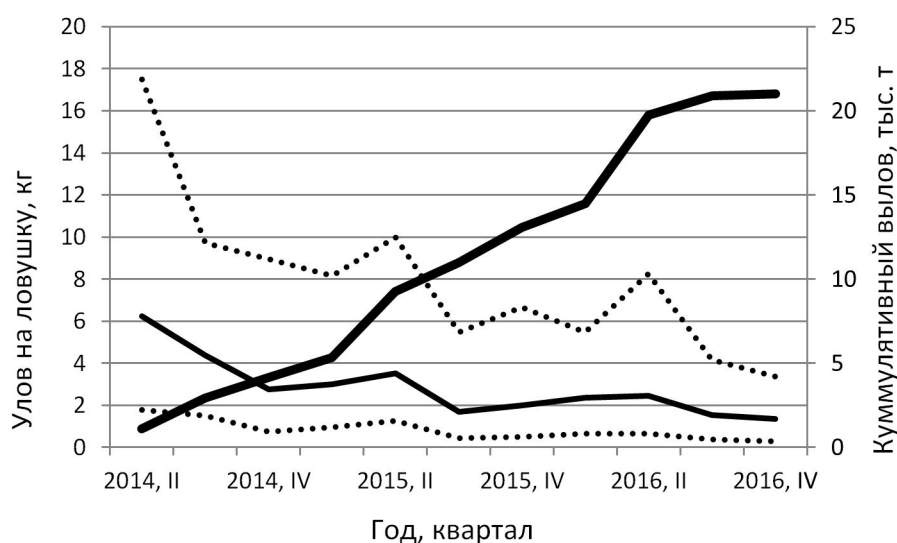


Рис. 5. Кумулятивный вылов (—) и динамика среднего улова на ловушку: (—) — медиана, (.....) — границы 95%-ного доверительного интервала — краба-стригуна опилио в 2014–2016 гг. в открытой части Баренцева моря.

июнь) и составила 15–20 промысловых самцов на одну коническую ловушку. Средний суточный вылов на судно варьировал от 2,5 до 4,9 т, достигнув максимума в июле. Как суточная производительность лова, так и улов на ловушку в ходе промысла снизились с июля по декабрь на 30–60%.

В 2015–2016 гг. в промысле участвовало от 18 до 20 российских специализированных краболовных судов. Район промысла

охватывал большую часть ОЧБМ. Максимальная производительность также была отмечена во втором квартале, однако среднесуточные уловы были на 10–20% ниже уровня 2014 г. (рис. 5).

С момента начала нерегулируемого промысла в ОЧБМ суммарный российский вылов к концу 2016 г. превысил 20 тыс. т, а иностранный достиг 35 тыс. т. Снижающаяся производительность на фоне интенсивного

и масштабного промысла свидетельствует о существенном перелове запаса в этом регионе. В связи с этим в целях сохранения запаса в середине 2016 г. Российская Федерация и Королевство Норвегия в рамках Смешанной российско-норвежской комиссии по рыболовству договорились о совместном регулировании промысла краба-стригуна опилио в ОЧБМ для предотвращения незаконного, несообщаемого и нерегулируемого промысла.

В 2016 г. после проведения аукциона по распределению квот на вылов краба-стригуна опилио был открыт его промысел в ИЭЗ РФ Баренцева моря. Добыча краба-стригуна в российских водах велась с рекордной производительностью, что позволило освоить ОДУ (1,6 тыс. т) в течение двух месяцев после открытия промысла. Всего в добыче краба участвовало пять судов со среднесуточной производительностью 8,4 т. Результаты промысла подтвердили предыдущие оптимистические оценки промыслового запаса краба-стригуна опилио в ИЭЗ РФ Баренцева моря, выполненные в ходе экосистемных съемок. По результатам съемок промысловые скопления краба встречались на весьма обширной акватории ИЭЗ РФ (523 тыс. км²). Итоги промысла показали, что плотность таких скоплений позволяет устойчиво вести эксплуатацию нового запаса на уровне производительности в Тихоокеанском регионе.

Оценка запаса краба-стригуна опилио в Баренцевом море в настоящее время сопряжена с определенным рядом трудностей. Во-первых, инвазивная природа по-

пуляции с весьма вариативной динамикой численности (во времени и пространстве) значительно увеличивают неопределенность при моделировании и прогнозировании запаса. Во-вторых, короткий срок эксплуатации на ограниченной акватории не позволяет использовать традиционные аналитические модели, оценивающие систему «запас—промысел». В-третьих, высокая межгодовая вариативность коэффициента уловистости трала в ходе экосистемных съемок не позволяет использовать результаты тралений для прямого учета запаса при расчетах площадных индексов численности.

Учитывая вышеуказанные особенности, при оценке величины промыслового запаса краба-стригуна опилио был использован следующий подход. Абсолютная величина запаса в 2013—2016 гг. была оценена на акватории российского промысла краба в ОЧБМ с помощью модели истощения Лесли (Баканев, 2015а). При этом были сделаны допущения о стабильности запаса в этот период и отсутствии иностранного промысла в районах отечественной добычи. Стабильность запаса подразумевала, что в период наблюдений на акватории оценки не происходило существенных изменений запаса по причинам иммиграции, эмиграции, естественной смертности или пополнения, а снижающаяся динамика производительности была обусловлена главным образом воздействием промысла. Приняв такие допущения, на максимально возможном уровне точности были оценены биомассы промыслового запаса на оцениваемой акватории в 2014—2016 гг. (табл. 5).

Таблица 5. Медианные значения начальной биомассы B_0 и значения границ 95%-ного доверительного интервала в 2014—2016 гг., рассчитанные по методу Лесли для краба-стригуна опилио в районе отечественного промысла в открытой части Баренцева море

Год	Плотность промыслового запаса, т/тыс. км ²	B_0 , т	Граница 95 %-ного доверительного интервала для B_0 , т	
			нижняя	верхняя
2014	774	30196	15006	45385
2015	576	22482	11173	33791
2016	464	16614	8257	24972

Результаты расчетов с использованием модели Лесли показали, что максимальная начальная биомасса отмечалась в 2014 г. (30,2 тыс. т). При этом плотность распределения запаса составила 774 т/тыс. км², что соответствовало средней производительности промысла — 3,3 т на судо-сутки лова. К началу 2016 г. плотность промыслового запаса снизилась до 426 т/тыс. км². При экстраполяции значений оцененной плотности промыслового запаса на всю акваторию ОЧБМ промысловый запас в начале промысла 2014 г. оценивается в 73 тыс. т, а к началу 2016 г. — в 34 тыс. т.

Для расчета промыслового запаса на акватории ИЭЗ РФ Баренцева моря оценки плотности распределения промыслового запаса в ОЧБМ до начала добычи (774 т/тыс. км²) экстраполировали на площадь промысловых скоплений краба-стригуна опилио в ИЭЗ РФ, величина которой была получена моделированием вероятности его распределения. Такая экстраполяция предполагает, что на акватории распределения оцененного промыслового запаса в ИЭЗ РФ возможен промысел со средней производительностью не ниже 3,3 т на судо-сутки лова. Такое предположение выглядит правдоподобно, и с учетом фактической средней производительности (8,4 т на судо-сутки лова), полученной при открытии промысла в 2016 г., экстраполяция значений плотности, рассчитанных для ОЧБМ на акваторию ИЭЗ РФ, дает весьма осторожный подход к оценке промыслового запаса (табл. 6).

Индексы численности и размерный состав уловов, полученные по результатам экосистемных съемок в 2005—2016 гг., а также оценки промыслового запаса в 2016 г. позволили количественно реконструировать динамику запаса краба-стригуна опилио в Баренцевом море (рис. 6). В 1990-х гг. прошлого века в Баренцевом море были отмечены первые единичные поимки взрослых крабов. К началу полномасштабных исследований этого вида (2005 г.) общий запас краба составил около 60 тыс. т. В 2005—2007 гг. общая биомасса сохранялась на сравнительно

низком уровне в 60—70 тыс. т., а промысловый запас оценивался на уровне 10—15 тыс. т на всей акватории Баренцева моря. С 2008 г. начал наблюдаться постепенный рост популяции, биомасса которой в 2013 г. достигла уровня 2 млн т, а промысловый запас — 500 тыс. т. В 2013—2016 гг. уровень запаса стабилизировался, и достоверные существенные изменения отмечаются лишь в районах его промысла в ОЧБМ в 2014—2016 гг.

ОБСУЖДЕНИЕ

Оценка дальнейшего развития промысла краба-стригуна опилио в Баренцевом море может быть выполнена на основе экспертного анализа возможных стратегий эксплуатации запаса в краткосрочной (2—3 года) и долгосрочной (5—20 лет) перспективах. При этом краткосрочный прогноз необходимо основывать на оценке текущего состояния запаса, а долгосрочные перспективы — исходя из дальнейшего расселения вида и изменения факторов среды. Кроме того, выявление перспектив нового промысла должно учитывать следующие аспекты, на которых формируются научно обоснованные прогнозы реакции популяции на выбор того или иного вида управления:

1) продуктивность популяции при различном уровне ее биомассы (в рамках концепции MSY);

2) экологическая емкость среды и ее временная динамика;

3) допустимые уровни воздействия промысла на начальных этапах его развития.

Исходя из особенностей пространственного распределения краба-стригуна в ходе съемок, а также различного статуса вод на акватории его обитания и истории промысла состояние запаса рассматривали отдельно в ИЭЗ РФ и в ОЧБМ.

Промысловый запас краба-стригуна опилио в российских водах Баренцева моря в настоящее время оценивается на медианном уровне в 400 тыс. т (табл. 6). Результаты открытия промысла показали, что начальная эксплуатация запаса возможна со сред-

Таблица 6. Площадь акватории оценки, плотность, медиана и значения границ 95%-ного доверительного интервала промыслового запаса краба-стригуна опилио в районах Баренцева моря, оцененные на конец 2016 г.

Район	Площадь акватории оценки, тыс. км ²	Плотность промыслового запаса, т/тыс. км ²	Промысловый запас, тыс. т		
			Медиана	Граница 95 %-ного доверительного интервала	
				нижняя	верхняя
ИЭЗ РФ	471	774	405	201	608
ОЧБМ	73	426	31	15	47
РШ	14	774	11	5	16
Итого	558	—	447	222	671

Примечание. ИЭЗ — исключительная экономическая зона, ОЧБМ — открытая часть Баренцева моря, РШ — район архипелага Шпицберген.

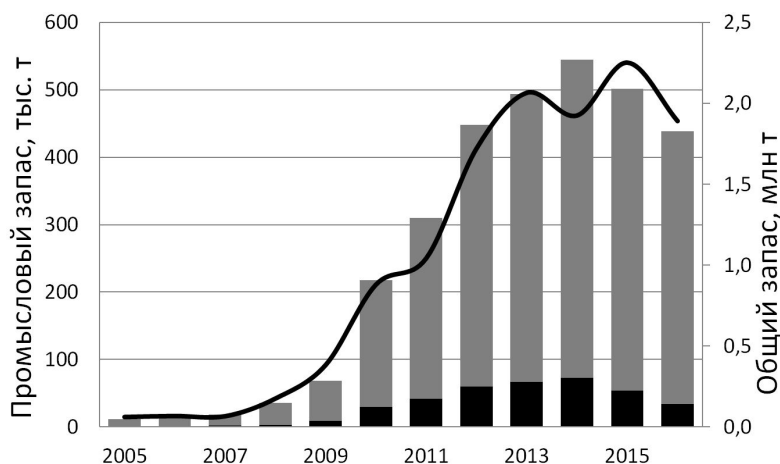


Рис. 6. Динамика общего (—) и промыслового (■ — исключительная экономическая зона РФ, ■ — открытая часть Баренцева моря) запаса краба-стригуна опилио в Баренцевом море в 2005–2016 гг.

ней производительностью 8 т на судо-сутки лова. Кроме того, результаты экосистемных исследований 2009–2016 гг. показали, что в размерном составе уловов периодически появляются высокоурожайные поколения, которые в ближайшее время могут обеспечить стабильное пополнение промыслового запаса. Исходя из существующих отечественных оценок продуктивности запасов нативных популяций краба-стригуна опилио, уровень эксплуатации запасов, находящихся в благополучном состоянии, может составлять около 10–20% от величины промыслового запаса. То есть ежегодный ОДУ для запаса краба-

стригуна опилио в ИЭЗ РФ Баренцева моря может составить 40–80 тыс. т. Однако, учитывая небольшой опыт эксплуатации запаса в этом районе и весьма обширные акватории, на которых рассредоточен запас, установление ОДУ в таких объемах в ближайшие 2–3 года нецелесообразно. Оценку ОДУ на 2018–2020 гг., например, можно выполнить с учетом предосторожного подхода, когда уровень эксплуатации рассчитывается не от медианных значений оценок запаса, а от нижней границы 95%-ного доверительного интервала (табл. 6). При этом ОДУ в начальный период эксплуатации может со-

ставить 10% от запаса, т.е. 20,1 тыс. т. Учитывая количество отечественных краболовов (20 судов) в настоящее время в Баренцевом море, освоение таких объемов может быть реализовано за 7–8 месяцев при средней производительности 5 т на судод-сутки лова.

Долгосрочные перспективы промысла зависят от потенциала дальнейшего роста запаса, который может увеличивать свою биомассу как в рамках существующего ареала (если текущая биомасса ниже емкости среды), так и за счет расселения в новые, пригодные для обитания районы. Информация о том, соответствует ли уровень текущей биомассы в российских водах Баренцева моря уровню емкости среды, отсутствует. Весьма высокая производительность промысла показала, что промысловые скопления баренцевоморского краба-стригуна опилию по плотности соответствуют или даже превышают таковые в нативных популяциях на Дальнем Востоке. Возможно, что на некоторых участках ИЭЗ РФ Баренцева моря биомасса краба-стригуна опилию уже достигла своих максимальных значений, и в дальнейшем его численность будет ограничиваться действием плотностно-зависимых факторов при отсутствии промысла. В этом случае оцененная биомасса промыслового запаса в 2016 г. на уровне 400 тыс. т может быть близка к величине емкости среды.

С другой стороны, имеются данные в пользу противоположной гипотезы о том, что численность краба-стригуна опилию в ИЭЗ РФ еще не достигла максимальных значений. Для сравнительного анализа были использованы литературные данные о биологии и промысле краба-стригуна на Большой Ньюфаундлендской банке (БНБ) за 1997–2001 гг. (Dawe et al., 2001). Преимущество такого сравнения заключалось в том, что донные траловые съемки на БНБ и в Баренцевом море проводятся одним и тем же орудием лова (трал Sampelen 1800) с одинаковой продолжительностью тралений. Предполагалось, что предельная плотность распределения краба-стригуна в Баренцевом море может достичь максимальных плотностей, регистрируемых в отдельные годы в отдельных районах БНБ

(Баканев, Павлов, 2010). Так, в некоторые годы на БНБ в районах с максимальной концентрацией стригуна средний улов промысловых крабов на траление составлял 4,50 кг. В ИЭЗ РФ Баренцева моря во время съемки 2013 г. этот показатель был на уровне 2,5 кг, т.е. в два раза ниже, чем на БНБ. Учитывая вышеизложенное, можно предположить, что при благоприятных условиях максимальная плотность поселения промысловых самцов в ИЭЗ РФ Баренцева моря может увеличиться приблизительно в два раза.

Моделирование дальнейшего расширения ареала показало, что при температуре, которая наблюдалась в 2010–2016 гг., акватория встречаемости краба может увеличиться в 1,6 раза, при этом площадь распространения краба с вероятностью встречаемости более 50% увеличится до 1,0 млн км². В этом случае промысловый запас может возрасти до 640 тыс. т с возможным годовым изъятием 64–128 тыс. т. При изменении придонной температуры как основного фактора среды, влияющего на распределения краба, будет, соответственно, меняться и величина емкости среды. При похолодании придонных слоев на 1°С акватория увеличится в 2,4 раза по сравнению с современным распределением. Площадь распространения опилию в этом случае может увеличиться до 1,4 млн км², а промысловый запас превысит 1 млн т. При этом ежегодное изъятие может сравняться с таковым у восточных берегов Канады, где ежегодный вылов достигал и превышал 100 тыс. т. При увеличении средней придонной температуры на 1°С площадь промысловых скоплений опилию может уменьшиться на 30%. Промысловый запас в этом случае сократится до уровня 250–300 тыс. т с годовым изъятием в 25–60 тыс. т.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ распределения краба-стригуна опилию и динамики его запаса на акватории ИЭЗ РФ Баренцева моря показал, что в настоящее время по формальным признакам натурализация вида в данном регионе при-

ближается к завершению. Промысловый запас краба-стригуна опилио в российских водах оценивается на уровне 400 тыс. т. В размерном составе уловов краба периодически появляются высокоурожайные поколения, которые в ближайшее время могут обеспечить стабильное пополнение промыслового запаса.

Несмотря на то что динамика запаса в последние годы не имеет ярко выраженных трендов, а площадь встречаемости вида не увеличивается, потенциал для дальнейшего расселения краба-стригуна опилио в Баренцевом море остается высоким. Прогностические оценки показывают, что его ареал может увеличиться в полтора раза за счет северо-западных районов Баренцева моря и прибрежных акваторий архипелага Шпицберген. Похолодание вод будет способствовать дальнейшей экспансии краба в западном направлении и увеличению его численности в сложившихся районах обитания. При потеплении придонных слоев может отмечаться сокращение ареала популяции.

С учетом уровня эксплуатации, существующего в дальневосточных регионах (10–20% от величины запаса), возможное ежегодное изъятие краба-стригуна опилио в российских водах Баренцева моря может составить 40–80 тыс. т. Однако, учитывая кратковременный опыт эксплуатации запаса в этом районе и значительную площадь акватории, на которой запас может находиться в разреженном состоянии, установление ОДУ в таких объемах в ближайшие 2–3 года нецелесообразно. Увеличение ежегодного вылова может происходить постепенно с учетом текущих результатов промысла и состояния промыслового запаса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Баканев С.В. Оценка запаса камчатского краба в Баренцевом море с использованием моделей истощения // *Вопр. рыболовства*. 2015а. Т. 16. № 4. С. 465–476.

Баканев С.В. Расселение и оценка возможного ареала краба-стригуна (*Chionoecetes opilio*) в Баренцевом море // *Принципы экологии*. 2015б. Т. 4. № 3. С. 27–39.

Баканев С.В., Павлов В.А. О моделировании динамики численности краба-стригуна опилио (*Chionoecetes opilio*) в Баренцевом море // *Вопр. рыболовства*. 2010. Т. 11. № 3 (43). С. 485–496.

Второв П.П., Дроздов Н.Н. Биогеография. М.: ВЛАДОС ПРЕСС, 2001. 304 с.

Галкин Ю.И. К вопросу об увеличении промысловой продуктивности Белого и Баренцева морей путем акклиматизации // *Экологические исследования перспективных объектов марикультуры в Белом море*. Л.: Изд-во ЗИН АН СССР, 1985. С. 122–133.

Добровольский А.Д., Залогин Б.С. Моря СССР. М.: Изд-во МГУ, 1982. 192 с.

Иванов Б.Г., Соколов В.И. Краб-стригун *Chionoecetes opilio* (Crustacea Decapoda Brachyura Majidae) в Охотском и Беринговом морях // *Arthropoda Selecta*. 1997. Т. 6. Вып. 3–4. С. 63–86.

Иоганзен Б.Г., Файзова Л.В. Об определении показателей встречаемости, обилия, биомассы и их соотношения у некоторых гидробионтов // *Тр. ВГБО*. 1978. Т. 22. С. 215–225.

Кобякова Э.И. Десятиногие раки (Decapoda) района южных Курильских островов // *Исследования Дальневосточных морей*. Т. 5. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1958. С. 220–248.

Краб-стригун опилио *Chionoecetes opilio* в Баренцевом и Карских морях. Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2016. 242 с.

Новицкий В.П. Постоянные течения северной части Баренцева моря // *Тр. ГОИН*. 1961. Вып. 64. С. 3–32.

Ожигин В.К., Ившин В.А., Трофимов А.Г. и др. Воды Баренцева моря: структура, циркуляция, изменчивость. Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2016. 260 с.

Павлов В.А. Новые данные о крабе-стригуне *Chionoecetes opilio* (Fabricius, 1788) Баренцева моря // *Тез. докл. VII Всерос. конф. по промысловым беспозвоночным* (памяти Б.Г. Иванова). М.: Изд-во ВНИРО, 2006. С. 109–111.

Саускан В.И. Экология и биологическая продуктивность океана. Калининград: Изд-во КГУ, 1996. 72 с.

- Слизкин А.Г. Распределение крабов-стригунов рода *Chionoecetes* и условия их обитания в северной части Тихого океана // Изв. ТИНРО. 1982. Т. 106. С. 26–33.
- Стрелкова Н.А. Об акклиматизации краба-стригуна опилио в водах Баренцева и Карского морей // Краб-стригун опилио *Chionoecetes opilio* в Баренцевом и Карских морях. Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2016. С. 17–34.
- Титов О.В., Ожигин В.К., Гусев Е.В., Ившин В.А. Теория функционирования экосистемы Баренцева моря: промыслово-океанографические аспекты // Матер. отчет. сессии ПИНРО, посвященной 85-летию института. Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2007. С. 176–192.
- Трофимов А.Г. Численное моделирование циркуляции вод в Баренцевом море. Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2000. 42 с.
- Anger K. Salinity as a key parameter in the larval biology of decapod crustaceans // Invertebr. Reprod. Devel. 2003. V. 43. P. 29–45.
- Dawe E.G., Drew H.J., Beck P.C. et al. An assessment of Newfoundland and Labrador snow crab in 2000. Canad. Sci. Advisory Secretariat. Res. 2001. Doc. 2001/087. 27 p.
- Dufour R. Overview of the distribution and movement of snow crab (*Chionoecetes opilio*) in Atlantic Canada (Proc. Intern. Workshop Snow Crab Biol.) // Can. MS. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2005. P. 75–82.
- Elith J., Leathwick J.R. Species Distribution models: ecological explanation and prediction across space and time // Ann. Rev. Ecol. Evol. Systematics. 2009. V. 40. P. 677–697.
- Eriksen E. Survey report from the joint Norwegian/Russian ecosystem survey in the Barents Sea, August–September 2012 // Joint IMR/PINRO Report Ser. 2012. 108 p.
- Fielding A.H., Bell J.F. A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models // Environ. Conservation. 1997. V. 24. № 1. P. 38–49.
- Fisher R. A. The design of experiments. London: Oliver and Boyd, 1935. 252 p.
- Kuzmin S.A., Ahtarin S.M., Menis D.T. The first finding of snow crab *Chionoecetes opilio* (Decapoda, Majidae) in the Barents Sea // Zool. J. 1998. V. 77. № 4. P. 489–491.
- Mielke P. W., Berry K. J. Permutation methods: A distance function approach. N.Y.: Springer, 2001. 446 p.
- Warren D.L., Seifert S.N., Ecological niche modeling in MaxEnt: the importance of model complexity and the performance of model selection criteria // Ecol. Appl. 2011. V. 21. P. 335–342.

PROSPECTS OF SNOW CRAB *CHIONOECETES OPILIO* FISHERY IN THE BARENTS SEA

© 2017 y. S.V. Bakanev

*Knipovich Polar Research Institute of Marine Fisheries
and Oceanography, Murmansk, 183038*

This paper describes current state of snow crab stock in the Barents Sea along with the factors affecting the process of its acclimatization. Potential areas of commercial aggregations and the range of introduced crab under its full naturalization were assessed based on simulation of the species spatial distribution. At the moment crab's distribution square is approximately 760 000 km² or 30% of the Barents Sea water area. However potential of further crab's settlement is not fully achieved. Results of international and domestic fisheries in the Barents Sea region (2013–2016) showed good development prospects of its harvest. Current commercial snow crab stock is estimated at 400 000 tones with a possibility of annual catch of about 40–80 000 tones. Further growth of the stock is possible due to increase of population abundance within the existing range or due to the range expansion.

Keywords: snow crab, the Barents Sea, stock, fishery.