

0-776945

На правах рукописи
УДК 595.384.2-152.6(268.45)

БАКАНЕВ
Сергей Викторович

ДИНАМИКА ПОПУЛЯЦИИ КАМЧАТСКОГО КРАБА
***PARALITHODES CAMTSCHATICUS* В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ**
(ОПЫТ МОДЕЛИРОВАНИЯ)

Специальность 03.00.18 – гидробиология

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Москва – 2009

Работа выполнена в Полярном научно-исследовательском институте рыбного хозяйства и океанографии им. Н. М. Книповича (ПИНРО), Мурманск

Научный руководитель: доктор биологических наук, профессор Коросов Андрей Викторович

Официальные оппоненты: доктор математических наук Васильев Дмитрий Александрович

кандидат биологических наук Ржавский Александр Владимирович

Ведущая организация: Межведомственная ихтиологическая комиссия

Защита состоится 29 мая 2009 г. в 11 часов на заседании диссертационного совета Д 307.004.01 при Всероссийском научно-исследовательском институте рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО) по адресу: 107140, Москва, ул. Верхняя Красносельская, д.17.
Факс 8-499-264-91-87, электронный адрес sedova@vniro.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ВНИРО.

Автореферат разослан «24» апреля 2009 г.

НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА КГУ



0000556113

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат биологических наук

М.А. Седова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Камчатский краб (*Paralithodes camtschaticus* Tilesius, 1815) – один из важнейших промысловых объектов Баренцева моря. Интродуцированный в 60-х годах прошлого столетия, он успешно акклиматизировался в водах северной Атлантики и к настоящему моменту образовал самовоспроизводящуюся популяцию на акватории от Лофотенских островов на западе до архипелага Новая Земля на востоке (Беренбойм, 2003). В 2004 г., благодаря значительному увеличению численности популяции, российский флот начал коммерческую эксплуатацию запаса. По нашей экспертной оценке в 2006 г. вылов камчатского краба в этом регионе достиг 30 % от мирового промысла этого вида.

Несмотря на интенсивную пятнадцатилетнюю историю исследований этого вида в баренцевоморском регионе, многие вопросы его биологии, в том числе и важные для промысла, остаются малоизученными. В литературе отсутствуют оценки абсолютной численности и продуктивности популяции, а используемые характеристики носят относительный характер. Существующие представления о динамике численности, пространственной и функциональной структуре популяции основаны на большом объеме эмпирической гидробиологической информации. Однако применение специальных математических методов анализа накопленных данных может дать существенно более детальное описание процессов освоения популяцией новой среды обитания. Это открывает новые возможности для количественной оценки внутренних и внешних взаимосвязей, управляющих ходом популяционных изменений в условиях нового местообитания. Очень важно, что математическое моделирование позволяет выработать схему рациональной эксплуатации популяции интродуцента, а также получить количественные прогнозы реакции популяции на выбор того или иного вида управления.

Цель работы: на основе математического моделирования оценить динамику популяции камчатского краба в процессе освоения им нового ареала.

Задачи исследования:

1. Сформировать репрезентативные массивы эмпирических данных по биологии и промыслу камчатского краба в Баренцевом море на основе обобщения всей имеющейся информации (в том числе собранной автором) о состоянии его популяции.
2. Оценить популяционные характеристики по данным натурных съемок и литературным данным (параметры размерно-возрастной структуры, скорость роста, смертности, репродукции и пр.).
3. Разработать серию имитационных моделей и с их помощью оценить популяционные параметры и реконструировать популяционную динамику;
4. В серии модельных экспериментов оценить устойчивость популяции краба к интенсивности промысловой эксплуатации.
5. Оценить кормовую обеспеченность популяции камчатского краба как фактора, влияющего на динамику его численности.

6. Разработать рекомендации по рациональной эксплуатации запаса камчатского краба в Баренцевом море.

Научная новизна. Впервые обобщены и проанализированы результаты многолетних исследований баренцевоморской популяции камчатского краба, выполненных на основе статистического анализа биологических и промысловых данных. Впервые предложен метод оценки численности и определения общего допустимого улова камчатского краба на основе стохастических моделей. Впервые определена абсолютная численность популяции краба в Баренцевом море и реконструирована ее динамика на протяжении 15 лет; с учетом предосторожного подхода рассчитаны биологически обоснованные уровни изъятия и возможные последствия такой эксплуатации. Впервые разработана методика прогноза численности с учетом экспертных оценок фактического вылова и возможных изменений важнейших факторов, влияющих на динамику популяции.

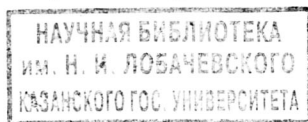
Практическая значимость. Результаты исследований послужили основой для количественной оценки запаса камчатского краба, осуществляющейся в ПИНРО с 2004 г., а с 2006 г. результаты расчетов используются при подготовке годовых прогнозов возможного вылова. Полученные данные используются при выработке рекомендаций по рациональной эксплуатации запаса и служат для обоснования российской позиции в различных рыболовных и научных организациях, обеспечивают защиту рыболовных интересов России на международном уровне. Результаты по оценке численности были приняты в качестве базисных при подготовке в 2005-2008 гг. рекомендаций ПИНРО для Смешанной российско-норвежской рыболовной комиссии по регулированию промысла камчатского краба в Баренцевом море.

Положения, выносимые на защиту:

– в течение последних 15 лет процессы акклиматизации камчатского краба к условиям Баренцева моря проявились в существенном росте численности его популяции, расширении ареала, увеличении плотности скоплений;

– в условиях низкой информационной обеспеченности стохастический байесовский подход позволяет с максимально возможной точностью оценить параметры моделируемой популяции камчатского краба и усовершенствовать биологически обоснованную схему регулирования промысла.

Апробация работы. Результаты исследований докладывались и обсуждались на научных коллоквиумах лаборатории промысловых беспозвоночных ПИНРО; на заседаниях Ученого совета и отчетных сессиях ПИНРО по итогам НИР (2005-2007 гг.), на российско-норвежском симпозиуме по камчатскому крабу в 2005 г.; на VII всероссийской конференции по промысловым беспозвоночным в 2006 г.; на XII российско-норвежском симпозиуме в 2007 г. Результаты популяционного моделирования были также представлены на Совместных рабочих группах ИКЕС/НАФО по северной креветке в 2006-2008 гг.



Публикации. По теме исследования опубликовано 16 работ, в том числе 2 – из списка изданий, рекомендованных ВАК.

Структура и объем диссертации. Рукопись объемом 155 стр. состоит из введения, 7 глав и выводов, содержит 20 таблиц, 45 рисунков и список литературы из 164 публикаций, из которых 101 принадлежит иностранным авторам.

ГЛАВА 1. БИОЛОГИЯ КАМЧАТСКОГО КРАБА И РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЕГО ЗАПАСОВ (литературный обзор)

В литературном обзоре рассмотрена история интродукции камчатского краба и его расселения в Баренцевом море (рис. 1). Приведены данные о биологии животного как в нативном, так и в новом для него ареале. В главе кратко описаны распространение вида, особенности его репродукции, роста и смертности. Также в разделе даются история эксплуатации и схема управления запасом камчатского краба в Баренцевом море.

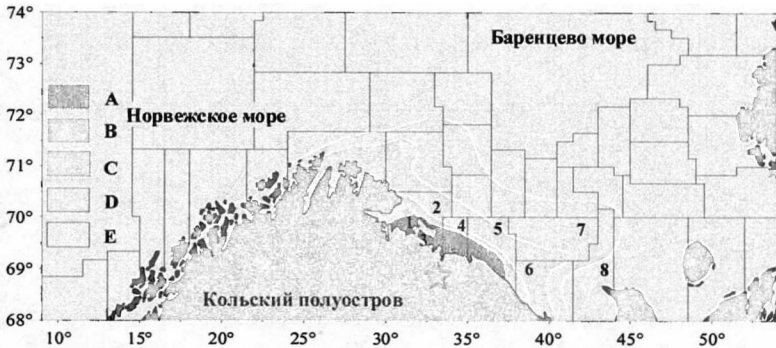


Рис. 1. Схема районов траловой съемки и расселение камчатского краба в Баренцевом море (А – границы ареала в 1977 г., В – в 1990 г., С – в 1994 г., D – в 1997 г., Е – в 2007 г., звездочка – район вселения краба). Промысловые районы: 1 – Варангерфьорд; 2 – Рыбачья банка; 3 – Мотовский залив; 4 – Кильдинская банка; 5 – Западный Прибрежный район; 6 – Восточный Прибрежный район; 7 – Мурманское мелководье; 8 – Канинская банка (Кузьмин, Беренбойм, 2000, Sundet, Pinchukov, 2009)

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материалом для диссертационной работы послужили результаты количественного учета камчатского краба в Баренцевом море с 1994 по 2008 г. в ходе выполнения 16 осенних траловых съемок (табл. 1) и 21 научно-промыслового рейса. В 12 рейсах материал был собран при непосредственном участии автора. Основой для оценки численности популяции послужили уловы 1481 траловых станций исследовательских съемок, из которых 37345 особей было отобрано на биологический анализ. В научно-промысловых рейсах было

проанализировано свыше 60 тыс. особей камчатского краба, из которых на биологический анализ было взято 27 тыс. экз. Автором было промерено около 7000 особей и проанализировано биологическое состояние 5500 животных.

Таблица 1
Характеристика использованного материала, собранного во время исследовательских съемок 1994-2008 гг.

№	Время сбора		Название судна	Количество		
	год	месяцы		трален- ный	промеренных особей	анализов биологического состояния
1	1994	VIII-X	Смена	135	2521	2115
2	1994	VII-XI	Нордкап	52	2639	370
3	1995	XI-XII	Нижневоложск	57	1454	1454
4	1996	IX-XII	Нордкап	63	2597	577
5	1997	IX	Калгалакша	49	819	713
6	1998	VIII-IX	Калгалакша	80	1821	1459
7	1999	VIII-IX	Калгалакша	68	1638	1496
8	2000	IX-X	Калгалакша	89	2531	2531
9	2001	IX-X	Калгалакша	91	2757	2757
10	2002	VIII-IX	Калгалакша	97	2062	2062
11	2003	X-XI	Ангарес	87	3764	3764
12	2004	X-XI	Соломбала	81	6327	6327
13	2005	IX-X	Соломбала	86	3111	3111
14	2006	VIII-IX	Соломбала	150	1769	1769
15	2007	VIII-X	Миргород	167	2897	2897
16	2008	VIII-IX	Миргород	129	3943	3943

Стратифицированные траловые съемки выполнялись в конце лета – начале осени, обычно с 15 августа по 15 сентября. С расширением ареала краба в Баренцевом море сроки и акватория исследований увеличивались. Съемка проводилась в пределах основных прибрежных промысловых районов Баренцева моря (рис. 1).

Сбор и обработка биологического материала в съемках выполнялись в соответствии с методиками, принятыми в ПИНРО (Инструкции и методические рекомендации..., 2001). Расчеты индексов численности по стратам и районам производились раздельно по полу, стадиям линьки и размерным группам с интервалом в 10 мм. Расчеты производились также для разных категорий крабов: промысловые (при длине карапакса ДК = 132 мм и более) и непромысловые самцы (ДК < 132 мм), икроносные самки и самки без икры. Расчеты осуществлялись согласно стандартной методике, принятой в ПИНРО и разработанной W. G. Cochran (1963).

Моделирование динамики численности

Для оценки запаса, динамики численности, расчета ОДУ и ориентиров управления использовалась **продукционная** модель (Schaefer, 1954), а также две модели, основанные на динамике численности размерных групп: **LBA** (*length-based analysis*), состоящая из 12 размерных групп (Zheng et al., 1995) и **CSA** (*catch survey analysis*), включающая 3 размерные группы (Zheng et al., 1997).

В модели **CSA** деление на размерные группы основывается на особенностях биологии и промысла дальневосточных крабов семейства *Lithodidae*, в которое входит и камчатский краб. Промысловая часть популяции в году t , состоящая из крупных самцов, делится на две группы: *рекруты* (RE_t) и *пострекруты* (PO_t). RE_t – это крабы с новым карапаксом, пополнившие промысловый запас в году t . Рекруты принадлежат размерной группе, начало которой равно минимальному промысловому размеру, а длина интервала размерной группы соответствует средней длине прироста рекрута за одну линьку. PO_t – крабы, пополнившие промысловый запас в году $t-1$ и ранее. Пострекруты – это все промысловые крабы со старым карапаксом, а также особи с новым панцирем, имеющие размеры большие, чем рекруты. *Пререкруты* (PR_t) принадлежат размерной группе, конец интервала которой граничит с минимальным промысловым размером, а длина интервала соответствует средней длине прироста пререкрута за одну линьку. Динамика моделируемой популяции была описана в виде уравнений:

$$RE_{t+1} = PR_t \times m_{PR} \times G_{PR,RE} \times e^{-M},$$

$$PO_{t+1} = (PO_t + RE_t + PR_t \times m_{PR} \times G_{PR,PO}) \times e^{-M} - C_t \times e^{-M(1-\gamma)},$$

- где m_{PR} – вероятность линьки для пререкрутов;
 $G_{PR,RE}, G_{PR,PO}$ – параметры роста, соответствующие доле крабов, которые переходят из группы PR_t в группу RE_{t+1} и из группы PR_t в группу PO_{t+1} ;
 M – коэффициент естественной смертности;
 C_t – вылов крабов в году t ;
 γ – временная задержка от момента съемки до средней даты периода промысла.

Для оценки численности ненаблюдаемых переменных PR_t , RE_t и PO_t использованы серии индексов соответствующих размерных групп, полученные в ходе траловых съемок в 1994-2006 гг. ($survPR_t$, $survRE_t$, $survPO_t$). Отношение этих индексов к абсолютной численности обозначалось дифференцированными коэффициентами улавливаемости для каждой из трех групп: q_{pr} , q_{re} , q_{po} . Принимается, что ошибки наблюдений pr , re , po распределяются логнормально и уравнения связи наблюдаемых переменных с расчетными выглядят так: $survPR_t \sim q_{pr} PR_t e^{pr}$, $survRE_t \sim q_{re} RE_t e^{re}$, $survPO_t \sim q_{po} PO_t e^{po}$.

Требуется определить следующие параметры: вероятность линьки для пререкрутов (m_{PR}), параметры роста ($G_{PR,RE}$, $G_{PR,PO}$), коэффициент естественной

смертности (M), коэффициенты улавливаемости, ошибки наблюдений и численность трех размерных групп краба для первого года исследований.

В настоящей работе для моделирования численности применен комплексный подход. На первом этапе проводилась предварительная (априорная) оценка параметров модели, основанная на знании механизмов функционирования других популяций этого вида. На втором этапе окончательные (апостериорные) распределения вероятных значений параметров оценивались с учетом как эмпирических данных о численности, так и предварительно заданных распределений вероятных значений параметров. Эмпирическими данными в этом случае служили индексы численности краба, оцененные по результатам исследовательских съемок.

Оценка параметров моделей

Для оценки параметров моделей и расчетных переменных используется байесовский подход. Он базируется на следующих четырех компонентах. Априорная (предварительная) информация (PRIORS) и данные (DATA), полученные в ходе эксперимента, объединяются с помощью некоего метода (*method*) для получения апостериорного (POSTERIOR) знания. Эти компоненты могут быть представлены в виде:

$$\text{PRIORS} + \text{DATA} \xrightarrow{\text{method}} \text{POSTERIOR}.$$

Входной компонент DATA представляет собой индексы численности краба, оцененные по съемкам, и вылов. В качестве компонента PRIORS берется предварительное (приблизительное) знание о параметрах модели, количественно представленное в виде распределений вероятностей их возможных значений. В качестве компонента POSTERIOR выступает существенно уточненное знание о параметрах модели, также представленное в виде распределений вероятностей значений. Метод расчета POSTERIOR зависит от сложности моделируемых процессов. Для описания биологических процессов с высокой степенью неопределенности использовался алгоритм вычисления, основанный на построении цепи Маркова (рис. 2). Для этого применяется итерационная процедура, на каждом шаге которой рассчитываются модельные значения параметров и переменных. Каждый итерационный шаг включает в себя три этапа.

На первом этапе первой итерации происходит расчет численности животных (*data*) по биологической модели (BIO) с использованием стартовых (первичных) значений параметров и переменных (INITS). Биологическая модель в нашем случае представляет собой одну из трех: продукционную, *LBA* или *CSA*. Стартовые значения генерируются встроенным модулем программы, а затем, если необходимо, корректируются с учетом биологически правдоподобных значений. На первом этапе второй и последующих итераций берутся величины параметров и переменных, рассчитанные в ходе предыдущей итерации.

На втором этапе модельные и эмпирические (DATA) значения численности включаются в функцию правдоподобия (LIKELIHOOD) и

вычисляется (*like*) мера их согласованности, то есть определяется вероятность того, что эмпирические значения могут быть получены с использованием данной биологической модели с заданными стартовыми значениями параметров и переменных.

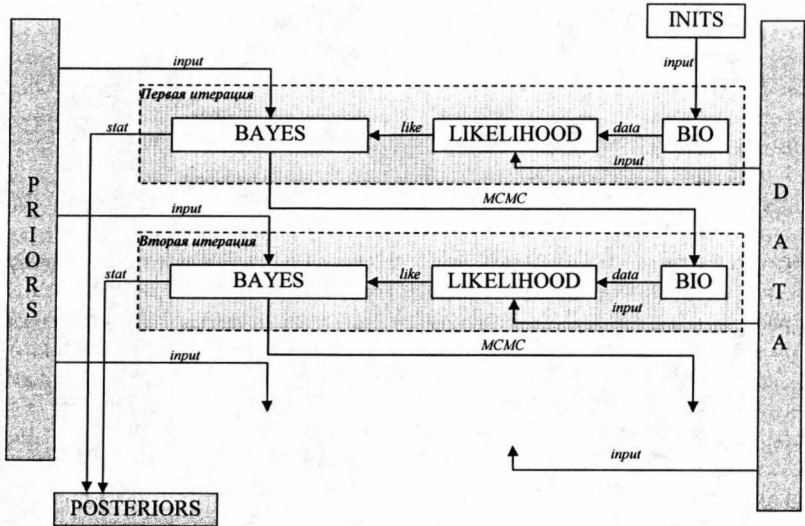


Рис. 2. Принципиальная блок-схема оценки параметров биологических моделей (показаны два итерационных шага).

- DATA – эмпирические данные;
- INITS – стартовые значения параметров и переменных;
- PRIORS – априорные распределения параметров;
- POSTERIORS – апостериорные распределения параметров и переменных;
- BIO – биологическая модель (уравнение популяционной динамики);
- LIKELIHOOD – функция правдоподобия;
- BAYES – формула Байеса;
- input* – ввод данных;
- data* – расчет численности животных по биологической модели;
- like* – расчет правдоподобия;
- MCMC* – переход к следующей итерации;
- stat* – расчет апостериорных распределений параметров и переменных

На третьем этапе по формуле Байеса (BAYES) количественно оценивается способность модели с заданными параметрами (PRIORS) генерировать эмпирические значения DATA. В процессе расчетов происходит

настройка параметров (PRIORS) в условиях, характеризуемых данными наблюдения (DATA), и рассчитываются новые апостериорные значения модельных параметров и переменных. Оцененные показатели параметров и рассчитанные модельные переменные, характеризующие модель в данный момент, играют роль начальных условий для следующей итерации.

Данная процедура расчета является заключительным этапом одного итерационного шага или звена в цепи Маркова (MCMC) и реализована с использованием метода Гиббса. В процессе итераций генерируются (*stat*) выборки распределений значений параметров и расчетных переменных. Статистический анализ таких выборок, в который входит расчет средних, ошибок средних, стандартных отклонений, медиан и доверительных интервалов параметров, является результатом прогона модели. Окончание итерационного процесса (прогона) происходит, когда ошибка средней искомого параметра, рассчитанная в цепи Маркова, составит менее 5% его стандартного отклонения (Spiegelhalter et al., 2000).

Алгоритм расчетов и статистическая обработка полученных результатов были реализованы в программном продукте WinBUGS, разработанном в Медицинском исследовательском центре в Кембридже (Gilks et al., 1994, Spiegelhalter et al., 2000). Было построено несколько десятков вариантов моделей с различными настройками априорных распределений параметров. Для анализа устойчивости модельных решений и чувствительности к изменениям параметров осуществлены прогоны модели с различными стартовыми значениями. Для оценки качества настройки модели выполнялось сравнение фактических значений и их апостериорных (рассчитанных в модели) распределений с использованием критериев согласия. За этапом оценки качества настройки параметров производилось исследование моделируемой популяционной динамики, выяснялась степень адекватности полученной модели. При этом оценивалась динамика популяции при различных исходных предположениях, например, менялись показатели степени эксплуатации, величины пополнения, уровня естественной смертности, продукционной способности популяции. Каждый прогон модели был настроен максимум на 500 тыс. итераций.

ГЛАВА 3. ПОПУЛЯЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КАМЧАТСКОГО КРАБА В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ

В главе рассмотрены основные популяционные свойства и характеристики камчатского краба в Баренцевом море, полученные в ходе полевых исследований и послужившие базой в последующем анализе состояния популяции. Приведены данные о распределении общей численности, размерно-возрастном составе самцов и репродуктивном потенциале популяции, области географического распространения. В главе дана оценка параметров роста камчатского краба как на индивидуальном, так и на групповом уровне.

ГЛАВА 4. ОЦЕНКА ЧИСЛЕННОСТИ ПОПУЛЯЦИИ КАМЧАТСКОГО КРАБА В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ

Одним из эффективных методов выявления механизмов функционирования популяции в ходе ее адаптации к новым условиям обитания является моделирование процессов пополнения, роста и убыли (Shigesada, Kawasaki, 1997, Hall et al., 2006, Drury et al., 2007, MacIsaac et al., 2007, Steiner et al., 2008). Закономерности формирования популяционной структуры вида могут быть выражены количественно через параметры взаимодействия этих популяционных процессов.

В данной главе представлены результаты моделирования и оценки параметров динамики численности камчатского краба, выполненные с использованием трех моделей: производственной и когортных *LBA* и *CSA*. На основе оценок, полученных с использованием производственной модели, были рассчитаны биологические ориентиры управления, соотношения величин которых часто используются при обосновании схем регулирования промысла. Однако производственный подход к динамике популяции, находящейся на стадии акклиматизации, дал крайне ненадежные результаты с оценками численности, имеющими неудовлетворительно широкие прогнозные доверительные интервалы. Использование этого подхода, очевидно, станет более эффективным в период устойчивого состояния популяции в фазе полной натурализации краба в экосистеме Баренцева моря.

Большое количество настраиваемых параметров делают когортную модель *LBA* излишне сложной, они не обеспечены качеством входных данных, допущений и теорий, которые поддерживают такие допущения. Характер изменений численности, значительные выбросы в оценках и тренды в остатках свидетельствуют о невысокой надежности полученных оценок по модели *LBA*. Однако наши исследования показали хорошие перспективы для использования более простой когортной модели *CSA* как инструмента оценки динамики запаса, ОДУ и ориентиров управления для баренцевоморской популяции камчатского краба.

Результаты оценки численности камчатского краба с использованием модели CSA

Расчеты проводились по двум сценариям: с учетом только официального вылова (сценарий 1) и общего вылова с учетом незаконного (сценарий 2). При настройке модели по второму сценарию коэффициенты улавливаемости и естественной смертности оказались несколько ниже, в то время как численность размерных групп – выше, чем при расчетах по первому сценарию (табл. 2).

Минимальная сумма квадратов отклонений (*RSS*) для индексов *RE* и *PO* наблюдалась при расчетах с неофициальным выловом. Таким образом, именно второй вариант модели в этом случае лучше описывал входные индексы

численности. В дальнейшем анализируются результаты расчетов с учетом общего вылова (сценарий 2).

За проанализированный период наблюдений все группы значительно увеличили свою численность (рис. 3). В 1994-1996 гг. численность всех групп сохранялась на стабильно низком уровне. С 1997 г. наблюдался рост численности, который достиг своего максимума в 2001 г. для пререкрутов, в 2002 г. для рекрутов, а в 2004-2005 гг. для пострекрутов.

Таблица 2

Медианные значения параметров и переменных (тыс. экз.) оценки численности пререкрутов (PR), рекрутов (RE) и пострекрутов (PO) камчатского краба по модели CSA с учетом официального (сценарий 1) и общего вылова (сценарий 2)

Параметр	Сценарий 1			Сценарий 2		
	PR	RE	PO	PR	RE	PO
M	0,191			0,190		
M_{PR}	0,95			0,95		
$G_{PR,RE}$	0,90			0,90		
$G_{PR,PO}$	0,07			0,07		
q_{pr}	0,21			0,18		
q_{re}	0,38			0,33		
q_{po}	0,74			0,70		
Год/Числ, тыс.экз.	PR	RE	PO	PR	RE	PO
1994	33	98	370	38	112	390
1995	226	36	299	259	41	318
1996	137	159	226	157	182	239
1997	160	53	357	184	61	381
1998	265	124	455	303	142	486
1999	1324	193	569	1506	221	609
2000	1703	772	755	1956	880	813
2001	6528	920	1013	7559	1056	1098
2002	3615	4511	1556	4188	5273	1648
2003	2988	3861	7070	3440	4522	7642
2004	1829	2333	9071	2113	2701	9611
2005	2351	1311	9065	2702	1518	9685
2006	4926	1746	7110	5690	2014	7243
2007	4964	3445	5038	5697	3985	5208
RSS	1,074	0,952	0,397	1,080	0,948	0,390

Медианные показатели численности промысловой части популяции последние шесть лет сохранялись на уровне выше среднемноголетнего, достигнув в 2004 г. своего максимума. В 2006 г. отмечалось максимальное промысловое изъятие крабов (5,04 млн. экз.) и в 2007 г. ожидалось дальнейшее уменьшение численности пострекрутов. Нижняя граница 95 %-ного доверительного интервала численности пострекрутов в 2007 г. достигает минимального значения (600 тыс. экз.), что свидетельствует о высокой степени неопределенности в оценке при существующей степени эксплуатации.

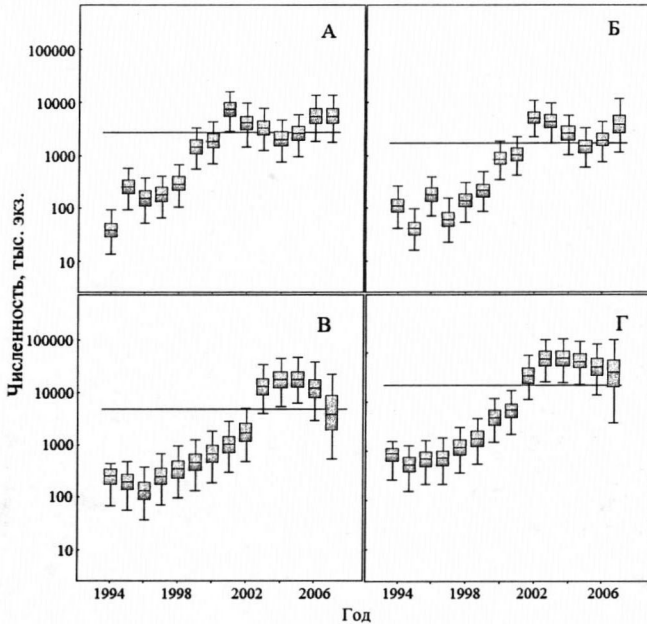


Рис. 3. Динамика численности пререкрутов (А), рекрутов (Б), пострекрутов (В) и промыслового запаса (Г) камчатского краба в Баренцевом море в 1994-2007 гг. (серые прямоугольники с горизонтальной чертой – диапазон квартилей с медианой; планки погрешностей – 95 %-ный доверительный интервал; горизонтальная черта – среднепогодная численность)

Сравнение статистических характеристик распределения остатков между фактическими и рассчитанными значениями численности показывает, что исходные данные достаточно хорошо описываются расчетными величинами (рис. 4). За весь период наблюдений с 1994 по 2006 г. остатки для пререкрутов и рекрутов были выше, чем для пострекрутов. Наблюдается также связь остатков по размерным группам в отдельные годы. Так в 2003 г. остатки для рекрутов и пострекрутов были положительны, то есть модельные значения ниже значений, полученных по траловым съемкам. В 2001-2002 гг. остатки для этих размерных групп имеют отрицательные значения, то есть моделируемая численность выше значений, полученных по траловым съемкам. Причиной этого являются, скорее всего, неточные эмпирические значения индексов, полученных на основе исследовательской съемки 2002 г. Также видно, что в начальный период наблюдений в 1994-1997 гг. отмечаются высокие величины остатков. Такие значения, по всей видимости, связаны с методическими погрешностями оценки индексов в первые годы проведения исследовательских съемок, когда численность была низкой, а ошибки измерений – велики. В этот период относительно низкие уловы крабов в ходе ежегодных съемок,

недооценка численности вследствие активных миграций акклиматизанта, а также методические ошибки в ходе становления нового ряда наблюдений вносят существенные помехи в оценку параметров запаса и затрудняют выявление закономерностей его динамики. Значительно лучше модель описывает данные в 2004-2006 гг., что, видимо, подтверждает допущение о правильном соотношении индексов численности размерных групп по данным съемок 2004-2006 гг. и реальной численности их в популяции.

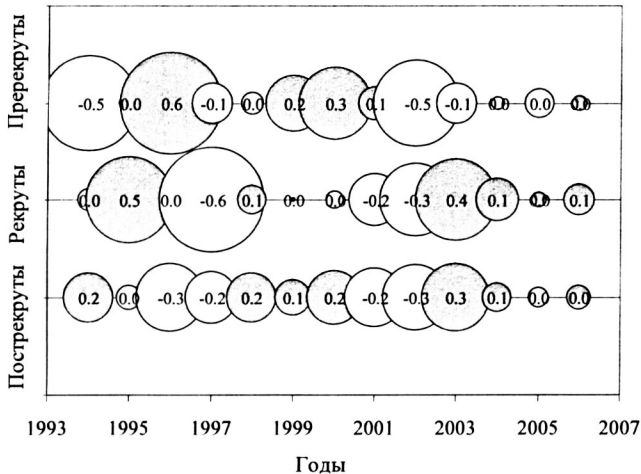


Рис. 4. Величины отклонений логарифмов (серые круги – положительные, белые – отрицательные) фактических индексов численности размерных групп по съемкам от рассчитанных значений при использовании когортной *CSA* модели для камчатского краба Баренцева моря в 1994-2006 гг. (сценарий 1)

Прогноз численности краба с использованием модели *CSA*

Для краткосрочного прогноза состояния промыслового запаса на один-два года вперед ($t+1$ и $t+2$) требуется знать следующие параметры: численность размерных групп в году t ; коэффициент естественной смертности для t , $t+1$; будущий вылов; вероятность линьки размерных групп для прогнозируемых лет. Другими словами, прогноз численности промысловой части популяции в следующем году $t+1$ в основном зависит от численности пререкутов и промыслового запаса в текущем году t , которые достаточно надежно оцениваются по данным съемки и, соответственно, в модели.

В модели *CSA* оценка рекутов в году $t+1$ основывается на оценке численности пререкутов в году t с учетом оцененных по модели коэффициентов улавливаемости и естественной смертности. По результатам съемки 2006 г., индекс численности пререкутов оценивается на 90 % выше среднемноголетнего уровня за 5 последних лет. Эта величина лишь 40 %

уступает на численности пререкрутов 2001 г., когда было зафиксировано рекордно высокое пополнение, превышающее таковые за предыдущие годы более чем в три раза. Ожидалось, что в 2007 г. численность рекрутов может возрасти при отсутствии нелегального вылова. Рассматривалось несколько вариантов прогноза пополнения:

- пополнение рекрутами в прогностические годы принимается на уровне 2006 г. – 5,690 млн. экз. (такой оптимистический прогноз основывается на результатах оценки группы, предшествующей пререкрутам в 2006 г., численность которой превысила среднемноголетний уровень за 5 последних лет более чем в два раза);

- численность пререкрутов принимается как среднее арифметическое за 2 последних года – 4,220 млн. экз.;

- численность пререкрутов принимается как среднее арифметическое за 5 последних лет – 3,315 млн. экз.

Общий прогностический вылов был рассмотрен как промысловое изъятие, в состав которого входит официальный вылов, а также нелегальный. Для демонстрации прогностических возможностей модели было рассмотрено несколько вариантов возможного вылова: 2, 4, 6 млн. экз. Медианные оценки прогностической численности на 2008–2009 гг. выполнены с учетом различной степени эксплуатации и пополнения, а также вероятностных распределений значений параметров модели, в том числе и ошибок (рис. 5).

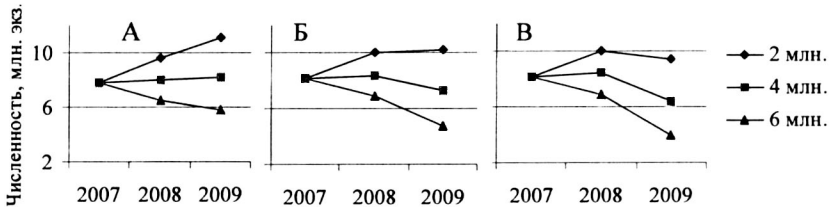


Рис. 5. Прогноз численности промыслового запаса камчатского краба в Баренцевом море в 2007-2009 гг. при разных уровнях эксплуатации (при прогнозируемом вылове 2, 4, 6 млн. экз.) и пополнении равному: уровню 2006 г. (А), среднему за 2 последних года (Б), среднему за 5 последних лет (В)

Численность промысловой части популяции для 2007 г. определена на уровне 7-8 млн. экз. Прогноз численности на 2008-2009 гг. при различной степени эксплуатации показывает, что при вылове 2 млн. экз. и пополнении равном 2006 г. промысловый запас растет или сохраняет свою численность к 2009 г. При вылове 4 млн. экз. и принятых уровнях пополнения прогноз на один год вперед также остается оптимистическим. Вылов в 6 млн. экз. и принятых уровнях пополнения ведет к снижению численности. Высокая неопределенность в оценке и большая вероятность того, что запас может находиться в нижней области доверительных границ не позволяет сделать вывод о том, что долговременное изъятие на уровне 4-6 млн. экз. сохранит

численность популяции на существующем уровне. Учитывая высокую степень неопределенности оценки вылова, пополнения, естественной смертности и коэффициентов улавливаемости, вероятность снижения численности в 2007–2009 гг. при вылове в 2 млн. экз. сохраняется на высоком уровне.

Использование когортных моделей, учитывающих размерные классы, позволяет оценивать воздействие промысла на виды, для которых данные по возрастам недоступны. Когортные модели позволяют анализировать и оценивать отдельные размерно-возрастные категории и учитывать величину пополнения. Опыт американских ученых и результаты наших исследований показали хорошие перспективы для использования стохастической версии модели *CSA* как инструмента оценки динамики популяции, ОДУ и ориентиров управления для баренцевоморского запаса камчатского краба.

ГЛАВА 5. ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ КАМЧАТСКОГО КРАБА В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ

Проведенные исследования с применением математического моделирования популяционных процессов позволили количественно реконструировать динамику численности камчатского краба в Баренцевом море в 1994–2008 гг. и получить представление о жизни популяции в целом. Общая численность (крабы с длиной карапакса свыше 90 мм) была оценена с помощью модели *LBA*, а численность половозрелых самцов по размерным группам (пререкрутам, рекрутам и пострекрутам) рассчитывалась по модели *CSA*.

В 60–70-х годах прошлого века в Баренцево море было выпущено около 15 тыс. экз. молоди и взрослых крабов (Беренбойм, 2003). Результаты оценки численности показали, что к началу полномасштабных исследований этого вида (1994 г.) общая численность краба в Баренцевом море достигла 1,75 млн. экз. (рис. 5). В 1994–1998 гг. она сохранялась на сравнительно низком уровне 2–4 млн. экз. С 1995 г. начал наблюдаться постепенный рост популяции, численность которой в 2006 г. составила 59 млн. экз. В 2006–2008 гг. она стабилизировалась на уровне 60 млн. экз. (рис. 6).

Рост общей численности краба в 1998–2008 гг. происходил, главным образом, за счет двух высокоурожайных поколений 1991 и 1997 гг. Крабы первого поколения, достигнув в 1997 г. размеров 90–100 мм по длине карапакса, стали активно мигрировать из узкой береговой зоны в мористые участки, попадая в зону учета исследовательских съемок. С 1999 г. крабы этого поколения начали достигать половой зрелости. Численность пререкрутов (половозрелых самцов первой размерной группы) в 1999 г. увеличилась по сравнению с предыдущим годом в 5 раз и составила 2 млн. экз. (см. рис. 6). Максимальная численность пополнения половозрелой части популяции крабами этого поколения была отмечена в 2001 г., когда численность этой группы крабов составила 10 млн. экз. В 2000 г. наблюдалось увеличение численности рекрутов, которые обеспечили существенный рост промысловой части популяции. В 2002 г. рекруты достигли максимального уровня

численности, который составил 7,5 млн. экз. В 2003 г. крабы этой группы перешли в пострекруты, увеличив, соответственно, численность этой группы в 4 раза. В 2004-2005 гг. численность пострекрутов достигла максимального уровня за весь период наблюдения – 15 млн. экз. Результаты моделирования группового роста показали, что крабы поколения 1991 г. пополняли промысловую часть популяции в течение 5-6 лет, т. е. с 2000 по 2006 г.

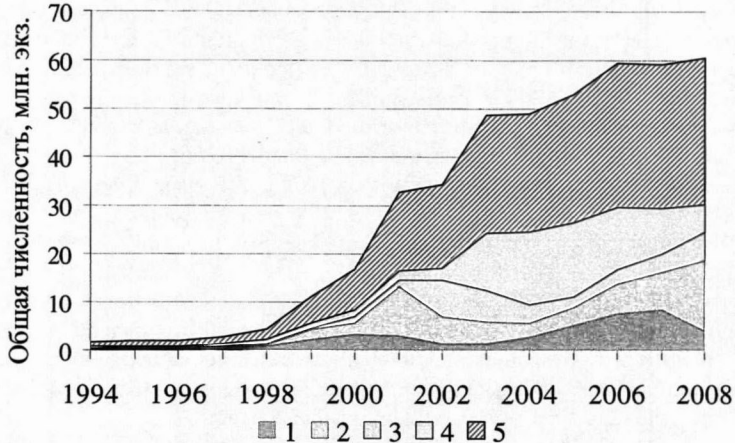


Рис. 6. Динамика общей численности популяции камчатского краба в Баренцевом море в 1994-2008 гг. и ее слагаемых: пререкрутов-2 (1), пререкрутов (2), рекрутов (3), пострекрутов (4) и самок (5)

С открытием коммерческого промысла камчатского краба в Баренцевом море в 2004 г. высокоурожайное поколение 1991 г. начало интенсивно подвергаться облову. Находясь на максимальном уровне (17 млн. экз.) в 2005 г. численность промыслового краба за три года постепенно снизилась до 12 млн. экз., достигнув уровня 2002 г.

В 2005-2006 гг. половозрелую часть популяции стали пополнять особи второго высокоурожайного поколения 1997 г., увеличив численность пререкрутов в 2006 г. почти в два раза и достигнув в 2008 г. максимальной за весь период наблюдения величины 14,6 млн. экз. (рис. 5). При снижении промысловой части популяции в 2005-2008 гг. общая численность в эти годы сохраняется на стабильно высоком уровне за счет миграций крабов поколения 1997 г. с прибрежных участков на исследовательскую акваторию. В 2005-2008 гг. крабы этого поколения начали пополнять промысловую часть популяции, постепенно увеличивая численность рекрутов с 2 млн. экз. в 2005 г. до 6 млн. экз. в 2008 г. Очевидно, что рекруты 2006 и 2007 гг. перешли в группу пострекрутов в 2007 и 2008 гг. соответственно. Однако это пополнение не компенсировало общую убыль промысловой части популяции в эти годы. Вероятно, в 2009-2010 гг. следует ожидать дальнейшего пополнения

промысловой части популяции особями поколения 1997 г., которое, возможно, сможет компенсировать промысловое изъятие в последующие годы.

С увеличением общей численности краба в Баренцевом море происходило постепенное расширение его ареала и увеличение плотности распределения на отдельных акваториях. В 1994-1996 гг. наиболее плотные скопления крабов отмечались в узкой прибрежной полосе Западного и Восточного Мурмана (рис. 1). С 1997 г. взрослые крабы стали регулярно встречаться в восточных районах побережья Мурмана, а с 1998 г. на этих акваториях впервые были отмечены высокие концентрации молоди (2400 экз./км²). В 2002-2003 гг. наблюдалось дальнейшее расширение ареала камчатского краба в северо-восточном направлении, а также увеличение плотности распределения в традиционных районах его обитания.

В 2004 г. крабы крупных размеров были впервые отмечены в районе Канинской банки на глубоководных участках с глубинами 160-210 м. В среднем плотность распределения промысловых самцов в этом районе составила 100 экз./км². Промысловые скопления в этом районе имели плотности 400-700 экз./км². В 2004-2008 гг. в районах Западного и Восточного Мурмана отмечалось постепенное снижение плотности распределения крупных самцов. Значительное уменьшение численности самцов наблюдалось в районах с более плотными промысловыми концентрациями краба: Мурманское мелководье, Западный и Восточный Прибрежные районы.

Анализ динамики численности показал, что за исследовательский период размерно-возрастная структура популяции камчатского краба претерпевала существенные изменения. Отмечались значительные флуктуации численности как молоди, так и промысловой части популяции. Темпы пополнения популяции молодью оказываются непостоянными по годам. Характер динамики был обусловлен, главным образом, появлением двух высокоурожайных поколений, первое из которых обеспечило вспышку численности нерестовой части популяции в 2001-2003 гг. Второе поколение 1997 г. в настоящее время находится в процессе активного роста и достижения половой зрелости. Численность этого высокоурожайного поколения по оценкам 2005-2008 гг. превышает численность поколения 1991 г. Это обеспечило постепенный рост общей численности популяции на протяжении всего исследовательского периода. При полном вступлении этого поколения в нерестовую часть популяции в 2009-2010 гг. можно ожидать увеличения численности половозрелых крабов в эти годы при условии промысловой эксплуатации популяции на уровне 2006-2008 гг. и наличии удовлетворительной кормовой базы.

ГЛАВА 6. ТРОФИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ КАМЧАТСКОГО КРАБА НА БИОТУ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

Как известно, рост численности интродуцента и сопутствующее расширение его ареала зависит не только от адаптации вселенных особей к новым для них физико-химическим условиям среды, но и от наличия

достаточных кормовых ресурсов (Карпевич, 1975; Одум, 1986). При оценке пищевых взаимоотношений камчатского краба особого внимания заслуживает вопрос об абсолютной величине его численности. В большинстве работ для определения ежегодного потребления камчатским крабом бентоса учитывается оценка его численности по результатам исследовательских съемок. В работе О. В. Герасимовой и М. А. Кочанова (1997) используются фактические индексы численности краба с учетом коэффициента уловистости трала 0,75, а в публикации И. Е. Манушина и др. (2006) рассматриваются максимальные плотности, полученные на промысловых скоплениях краба. В первом случае оценка абсолютной численности краба оказывается заниженной, а во втором – завышенной. На основе наших модельных расчетов нами была предпринята попытка вновь количественно оценить основные трофические связи, в которых камчатский краб выступает в роли хищника и пищевого конкурента.

Полученная медианная оценка общего годового рациона половозрелой части популяции в 2006 г. составила 96 тыс. т, а с учетом 95 %-ного доверительного интервала – 69-137 тыс. т. Известно, что реальные потери бентоса при питании камчатского краба в два раза превышают массу потребленных организмов (за счет не съеденных частей тела умерщвленных крабом организмов; Павлова, 2006). Таким образом, общее годовое потребление бентосных организмов камчатским крабом в 2006 г. могло составить около 200 тыс. т. Сравнение этой величины с биомассой и продукцией бентоса в районах обитания краба позволяет приблизительно оценить уровень трофической нагрузки на экосистему Баренцева моря.

По оценкам специалистов ПИНРО величина кормового бентоса в районах обитания камчатского краба составляет порядка 2,0-2,3 млн. т, а величина его годовой продукции оценивается на уровне 3-10 млн. т (Манушин, 2003; Манушин и др., 2006). Таким образом, годовое потребление бентосных организмов камчатским крабом в 2006 г. в Баренцевом море могло составить около 10 % от биомассы всего бентоса и 2-7 % от его годовой продукции.

Результаты оценки потребления камчатским крабом бентосных организмов можно сравнить с потреблением бентоса наиболее массовыми рыбами-бенитофагами в Баренцевом море. В качестве вероятных пищевых конкурентов камчатского краба в нашей работе рассматриваются рыбы-бенитофаги северо-бореального и субарктического комплексов (Расс, 1965), ареалы которых наиболее полно перекрываются с областью распространения камчатского краба. На основании данных ПИНРО о запасах рыб в 1994-2003 гг. и литературных данных о питании рыб-бенитофагов в Баренцевом море пищевыми конкурентами камчатского краба могут быть пишка, камбала-ерш, морская камбала и звездчатый скат. Общая биомасса бентосных организмов, потребляемых наиболее многочисленными рыбами-бенитофагами в прибрежье Мурмана, изменяется от 100 до 1200 тыс. т (Манушин, 2003). В среднем выедание бентоса рыбами в районах распространения камчатского краба составило порядка 360-370 тыс. т (Герасимова, Кочанов, 1997; Манушин, 2003). Таким образом, потребление бентоса крабом составляет около 50 % от

потребления бентоса рыбами, что значительно выше предыдущих оценок – 1 % (Герасимова, Кочанов, 1997) и 7 % (Манушин, 2003).

Анализ оценок потребления, рассчитанных на основе результатов моделирования, показал, что величина выедания бентоса крабом составляет значительную часть в его общем потреблении основными промысловыми гидробионтами. По всей видимости, в настоящее время камчатский краб в районах своих максимальных скоплений может составить серьезную пищевую конкуренцию массовым рыбам-бентофагам. Однако общее количество бентоса, потребленного популяцией камчатского краба в 2006 г., не превышает потребления бентоса наиболее массовыми видами рыб-бентофагов. По всей видимости, естественные флюктуации запасов донных рыб в настоящее время оказывают большее влияние на состояние запасов бентоса в прибрежной зоне Мурмана, чем хищничество со стороны только камчатского краба. Кроме того, величины выедания бентоса камчатским крабом составляют незначительную часть от общей оцененной продукции бентоса в Баренцевом море, что не дает основания для утверждения о значительном влиянии или подрыве камчатским крабом кормовой базы рыб-бентофагов в прибрежных районах Мурмана.

Таким образом, в настоящее время баренцевоморский регион располагает удовлетворительной кормовой базой для камчатского краба. Годовая продукция бентоса Баренцева моря значительно превышает пищевые потребности популяции. Трофические условия не являются очевидным сдерживающим фактором для дальнейшего увеличения численности краба в Баренцевом море.

ГЛАВА 7. РЕГУЛИРОВАНИЕ ПРОМЫСЛА КАМЧАТСКОГО КРАБА В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ

В главе рассмотрена существующая схема регулирования крабового промысла в баренцевоморском и тихоокеанском регионах. В настоящее время баренцевоморский промысел камчатского краба фактически ограничен лишь своей максимальной мощностью, а не ОДУ. В условиях свободного рынка трудно найти способы предотвращения наращивания вылова, и одной из важнейших задач управления промысла становится регулирование промысловых усилий. Сохранение промысловых усилий на существующем уровне при фактически бесконтрольном лове может произойти при условии сохранения промысловых мощностей. Например, при сохранении количества судов и периода промысла. Предотвращению увеличения производственных мощностей могут способствовать рекомендации по сохранению ОДУ на уровне статус-кво даже в том случае, когда появляются благоприятные тенденции в динамике численности. В качестве рекомендаций, направленных на ужесточение контроля промысловых усилий, могут быть предложены следующие:

- 1. Ограничение количества судов на промысле.* Одна из эффективных и простых мер по контролю промысловых усилий связана с учетом судов, участвующих в промысле. Как правило, неучтенный промысел осуществляется

судами, получившими официальное разрешение на лов и превышающими свои объемы добычи.

2. *Лимитирование усилий (орудий лова, судосудок лова)*. Контроль количества ловушек и их лимитирование – эффективная мера регулирования на крабовом промысле у берегов Аляски. В российских водах ограничение по орудиям лова практически отсутствует, так как отсутствует эффективная процедура учета количества ловушек, использующихся на промысле судном.

3. *Ограничение продолжительности промыслового сезона*. Ограничения продолжительности сезона промысла также довольно просто достигают цели. Вероятно, это является наилучшим способом регулирования большинства мировых промыслов (Хилборн, Уолтерс, 2001). В некоторых случаях это может быть грубое (приблизительное) и относительно недорогое отслеживание величины усилия, позволяющее предусмотреть неожиданные изменения в лимитах и объемах промыслового воздействия на запас в каждом сезоне.

4. *Установка минимальных объемов добычи на одно промысловое судно*. Установка производственных минимальных показателей в соответствии с промысловой мощностью судна – тактический управляющий прием, цель которого – ограничить количество судов на промысле, тем самым уменьшив реализацию потенциально возможного количества усилий при избыточных промысловых мощностях флота.

Рассмотренные рекомендации по контролю промысловых усилий составляют возможный комплекс технических мер по уменьшению незаконного промысла и контролю уровня эксплуатации. Анализ исторического опыта, а также результаты коммерческого промысла краба в Баренцевом море в 2005-2007 гг. показывают, что управление не может быть эффективным, когда в схему включаются лишь решения, основанные на биопромысловых критериях. Очевидно, что помимо технических рычагов, направленных на контроль биологических параметров популяции, для эффективного управления требуется совокупность административных и экономических мер воздействия.

ВЫВОДЫ

1. Динамика численности камчатского краба в Баренцевом море с 1994 г. соответствует процессу формирования новой популяции. За период исследований численность камчатского краба увеличилась более чем в 20 раз и составила на 2006-2008 гг. около 60 млн. экз.

2. На качественном уровне наблюдается очевидный рост репродуктивного потенциала популяции, однако современные эмпирические данные не позволяют с высокой точностью описать его динамику. Характер динамики обусловлен, главным образом, появлением двух высокоурожайных поколений, первое из которых обеспечило вспышку численности нерестовой части популяции в 2001-2003 гг. Начиная с 2006 г. второе поколение 1997 г. находилось в процессе активного роста и достижения половой зрелости.

3. Индивидуальный рост камчатского краба в Баренцевом море, как и в других регионах, происходит в течение всей жизни. Интервал варьирования

размеров растущих крабов в каждой возрастной когорте увеличивается. Животные одного поколения из размерного класса 90 мм через 6-7 лет могут достигать 130-200 мм с модальными размерами 160-180 мм. В отличие от тихоокеанского региона у баренцевоморского краба не существует четкой линейной или степенной зависимости величины прироста от длины карапакса.

4. Объемы выедания бентоса камчатским крабом (200 тыс. т) составляют незначительную часть от общей оцененной продукции бентоса в районах исследования Баренцева моря (3-10 млн. т), что не дает основания для утверждения о значительном влиянии или подрыве камчатским крабом кормовой базы рыб-бентофагов в прибрежных районах Мурмана. Трофические условия не являются сдерживающим фактором для дальнейшего увеличения численности краба в Баренцевом море.

5. Стохастические когортные модели существенно лучше описывают динамику популяции краба, чем детерминистические. Байесовский метод позволяет включать в алгоритм дополнительные знания в виде априорных распределений различных параметров, тем самым восполняя недостающие эмпирические данные. Вероятностные оценки также позволяют рассчитывать риск превышения того или иного ориентира управления, что делает модели полезными в принятии управленческих решений.

6. Продукционные модели для оценок искусственно созданных запасов менее эффективны, чем когортные модели, и требуют допущений в более широких пределах. 95 %-ный доверительный интервал на максимуме численности промысловой части популяции (12 млн. экз. в 2004 г.) для продукционной модели составил от 1 до 130 млн. экз., тогда как для когортных моделей он оказался значительно уже (9-16 млн. экз. для *LBA* и 6-24 млн. экз. для *CSA*). В то же время конструкции этих моделей, в которых реализована концепция прибавочной продукции, удобно использовать для обоснования стратегии долговременного промыслового использования популяции, а также мер регулирования, направленных на реализацию этой стратегии.

7. За период исследований состояние промысловой части баренцевоморской популяции камчатского краба не следует рассматривать как критическое. Однако сильное давление промысла в ближайшее время может негативно сказаться на биологических и промысловых показателях популяции. Для улучшения регулирования промысла камчатского краба и уменьшения его нелегального изъятия в Баренцевом море целесообразно установить более жесткий контроль уровня промысловых усилий.

Благодарности. Автор благодарен всем сотрудникам Полярного института, помогавшим ему при сборе данных в ходе морских экспедиций и при обработке полученных материалов. Особую благодарность автор выражает сотрудникам лаборатории промысловых беспозвоночных ПИНРО: Б. И. Беренбойму, Н. А. Анисимовой, П. А. Любину, М. А. Пинчукову, В. А. Павлову, И. Е. Манушину и Ю. И. Жаку. Автор искренне признателен коллегам по лаборатории математического обеспечения оценки запасов гидробионтов: Ю. А. Ковалеву, В. А. Коржеву, В. Л. Третьяку. Особую

признательность автор выражает своему научному руководителю, Коросову Андрею Викторовичу, вложившему много труда и оказавшему неоценимую помощь на всех этапах подготовки работы.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Баканев С. В. О плодовитости камчатского краба *Paralithodes camtschatica* в Баренцевом море // Нетрадиционные объекты морского промысла и перспективы их использования: Тезисы докладов научно-практической конференции. Мурманск: Изд-во ПИНРО, 1997.– С. 12–13.
2. Баканев С. В., Герасимова О. В., Матьков Д. В. Основные репродуктивные параметры баренцевоморской популяции камчатского краба *Paralithodes camtschatica* // Исследования промысловых беспозвоночных в Баренцевом море: Сб. науч. тр./ПИНРО. Мурманск, 1997.– С. 5–14.
3. Баканев С. В., Матьков Д. В. Результаты исследований плодовитости камчатского краба в Баренцевом море // Материалы 2-ой науч. конф. Беломорской биостанции им. Н.А.Перцова МГУ – М.: Изд-во Беломорской биостанции МГУ, 1997.– С. 7–8.
4. Баканев С. В. Плодовитость и некоторые другие репродуктивные параметры камчатского краба в Баренцевом море // Камчатский краб в Баренцевом море. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2001. Гл. 3.5.– С. 78–88.
5. Баканев С. В. Оценка запаса камчатского краба в Баренцевом море с использованием модели CSA // Камчатский краб в Баренцевом море.– Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2003. Гл. 4.2.– 2-е изд., перераб. и доп.– С. 232–245.
6. Баканев С. В., Пинчуков М. А. Стратифицированная траловая съемка камчатского краба // Методическое пособие по проведению инструментальных съемок запасов промысловых гидробионтов в районах исследований ПИНРО. Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2006.– С. 85–88.
7. Баканев С. В. О возможности использования байесовского подхода для оценки запаса камчатского краба (*Paralithodes camtschaticus*) в Баренцевом море // Всероссийская конференция по промысловым беспозвоночным, VII (Мурманск, 9–13 окт. 2006 г.): памяти Б.Г. Иванова (1937–2006): тез. докл. М.: Изд-во ВНИРО, 2006. – С. 49–51.
8. Баканев С. В., Беренбойм Б. И. О перспективах российского промысла камчатского краба (*Paralithodes camtschaticus*) в Баренцевом море // Всероссийская конференция по промысловым беспозвоночным, VII (Мурманск, 9–13 окт. 2006 г.): памяти Б.Г. Иванова (1937–2006): тез. докл. М.: Изд-во ВНИРО, 2006. С. 52–54
9. Баканев С. В. Применение теоремы Байеса в морской биологии на примере оценки динамики численности промысловых ракообразных // Экологические исследования беломорских организмов. (Материалы 2-й Международной конференции). 18–22 июля 2007 г., м. Картеш. СПб, ЗИН РАН, 2007.– С. 11–12.

10. Баканев С. В. Результаты применения стохастической когортной модели CSA для оценки запаса камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* в Баренцевом море // Вопросы рыболовства. 2008. Т. 9, № 2 (34).– С. 294–306.

11. Беренбойм Б. И., Баканев С. В., Золотарев П. Н. Состояние запасов и перспективы промысла беспозвоночных в Баренцевом море // IX Съезд Гидробиологического общества РАН (Тольятти, 18–22 сент. 2006 г.) : Тез. докл. – Тольятти: Ин-т экологии Волж. бассейна, 2006.– Т. 1.– С. 43.

12. Баканев С. В. Проблемы оценки запаса и регулирования промысла камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* в Баренцевом море // Вопросы рыболовства.– 2009.– Т. 10, № 1 (37).– С. 51–63.

13. Bakanev S. V., Berenboim B. I. Prospects of Russian fishery for the red king crab (*Paralithodes camtschaticus*) in the Barents Sea // ICES Symposium on Fisheries Management Strategies (Galway, Ireland, 27–30 June 2006), No.: SFMS-07 P. 108–115.

14. Bakanev S. V., Berenboim B. I. Applying the Bayesian approach in assessment of red king crab (*Paralithodes camtschaticus*) and northern shrimp (*Pandalus borealis*) stocks in the Barents Sea // Long term bilateral Russian-Norwegian scientific co-operation as a basis for sustainable management of living marine resources in the Barents Sea : proc. of the 12th Norwegian-Russian Symp. (Tromso, 21-22 Aug. 2007) / IMR, PINRO. Bergen : Inst. of Mar. res., 2007.– P. 94–103.

15. Bakanev S. V. On the Possibility of Using Bayesian Approach to Assess the Northern Shrimp (*Pandalus borealis*) Stock in the Barents Sea and Spitzbergen // NAFO SCR Doc. 06/070. Ser. No. N 5195. 2006.– 7 pp.

16. Bakanev S. V. On the Assessment of the Northern Shrimp Stock in the Barents Sea // NAFO SCR Doc. 08/070. Ser. No. N 5682. 2008.– 8 pp.



Подписано в печать 16.04.09 г.

Уч.-изд. л. 1,7.

Заказ 7.

Усл. печ. л. 1,4.

Формат 60x84/16.

Тираж 100 экз.

Издательство ПИНРО.

183038, Мурманск, ул. Книповича, 6, ПИНРО.

10 =