

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

УДК 573.22.087.1.001.57:592

К.А. Кайзер*

Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр,
690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4

**ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИ ВИРТУАЛЬНОЙ ПОПУЛЯЦИИ
В БИОЭКОНОМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДОЛГОСРОЧНОЙ
ДИНАМИКИ ЭКСПЛУАТИРУЕМОЙ ПОПУЛЯЦИИ
ПРОМЫСЛОВЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ**

Рассмотрены вопросы использования модели виртуальной популяции в составе комплекса задач биоэкономического моделирования долгосрочной динамики эксплуатируемых популяций промысловых беспозвоночных. На основе расчетов динамики величины условного промыслового запаса синего краба Западно-Беринговоморской зоны приведена биоэкономическая оценка данной популяции. Изложен современный подход к оценке биоресурсов, базирующийся на маркетинговых оценках производимой продукции.

Ключевые слова: оценка запасов промысловых ресурсов, модель виртуальной популяции, биоэкономическая модель, маркетинговая оценка ресурса, синий краб, Западно-Беринговоморская зона.

Kayzer K.A. Application of the virtual population model in the bio-economic model of long-term dynamics for exploited population of commercial invertebrates // *Izv. TINRO.* — 2014. — Vol. 179. — P. 294–302.

The virtual population analysis is used for complex tasks of bio-economic modeling of long-term dynamics for exploited population of commercial invertebrates, as blue king crab in the western Bering Sea. This method is based on the data of landings for the period exceeding the life span for the studied stock and provides guaranteed estimations of the age cohorts abundance. The assessments of the blue king crab stock dynamics are used in the economic block of the model that provides market assessment of the resource for evaluation of final cost for the manufactured goods. Two blocks of the bio-economic model allow to calculate a future income from exploitation of the resource that is necessary for planning of economical activity in fisheries industry.

Key words: marine biological resources assessment, virtual population analysis, bio-economic model, market assessment of resource, blue king crab, western Bering Sea.

Введение

Биоэкономическое моделирование представляет собой оценку возможных экономических перспектив эксплуатации ресурса при выбранном сценарии управления. Его целью является определение наиболее целесообразных режимов использования объекта, при которых эксплуатация будет иметь наибольшую экономическую отдачу (Акулин и др., 2010).

Биоэкономическая модель состоит из двух частей: биологического и экономического блоков. Экономический блок включает в себя всевозможные оценки эксплуатации

* Кайзер Кирилл Александрович, техник, e-mail: k_kayzer@mail.ru.
Kayzer Kirill A., technician, e-mail: k_kayzer@mail.ru.

ресурса, в которые обычно входят оценка рентабельности, маркетинговая оценка ресурса, оценка финансовых потоков предприятия и др. Все оценки экономического блока строятся на основе выходных данных биологического блока, в котором определяется объем «физической массы» ресурса, доступного для коммерческого использования.

Биологический блок представляет собой, как правило, некую модель, с той или иной степенью достоверности описывающую биологические процессы, протекающие в популяции. Неотъемлемым элементом такой модели является показатель «выхода», в качестве которого принимается объем получаемого ресурса. Биологическая модель также имеет показатель изъятия ресурса, изменение которого позволяет определить оптимальный режим эксплуатации объекта с экономической и экологической точек зрения.

Цель данной работы — продемонстрировать возможность применения метода виртуальных популяций (англ. VPA) в биологическом блоке биоэкономической модели эксплуатации промысловых крабов.

Принцип действия метода виртуальных популяций позволяет получать гарантированные оценки возрастных когорт на основании данных об уловах поколений за период времени, не меньше предельного возраста особей исследуемого запаса (Рикер, 1979).

Основным назначением метода виртуальных популяций обычно называется определение популяционного возрастного состава и оценок запаса для некоторой предыстории промысла, однако данную модель можно использовать и для моделирования будущих возрастных распределений, если положить величину вылова известной.

Опыт применения метода виртуальных популяций к изучению динамики численности крабов связан с подходом, позволяющим учитывать вероятностный характер перехода особей крабов от данного размера к последующему (Zheng et al., 1997; Баканев, 2012), однако метод виртуальных популяций более прост в применении и более нагляден, поскольку при наличии точного размерно-возрастного ключа позволяет моделировать структуру популяции с опорой лишь на данные возрастного состава и уловов, не вынуждая исследователя использовать в расчетах менее точные оценки вероятностей роста и линьки особей крабов, зависящие от диспропорций в возрастном составе популяции.

Включение методики виртуальной популяции в расчеты оценки экономического потенциала использования промысловых ресурсов представляет собой альтернативу сложившемуся подходу в биологическом блоке расчетов биоэкономической модели промысловых беспозвоночных, но в то же время оно не затрагивает основ современного развития биоэкономического подхода, согласно которому моделирование величины промыслового запаса представляет собой важную, но подчиненную задачу по отношению к экономической оценке ресурса.

Материалы и методы

Для построения модели виртуальной популяции используются следующие данные:

1. Размер вылова за временной интервал, в который планируется производить восстановление размерной структуры популяции.
2. Оценка мгновенного коэффициента естественной смертности M .
3. Оценка промыслового запаса или мгновенного коэффициента промысловой смертности в год, от которого планируется начинать моделирование.

В основе модели виртуальной популяции лежат два равенства (Lassen, Medley, 2001):

$$N_t = N_{t-1} e^{-(F_{t-1} + M)}, \quad (1)$$

$$C_{t-1} = \frac{F_{t-1}}{F_{t-1} + M} N_{t-1} (1 - e^{-(F_{t-1} + M)}), \quad (2)$$

где N_t и N_{t-1} — численность особей возрастной группы соответственно в год t и $t-1$, экз.; F_{t-1} — мгновенный коэффициент промысловой смертности в году $t-1$; M — мгновенный коэффициент естественной смертности (для любой возрастной группы в любой период); C_{t-1} — вылов особей возрастной группы в году $t-1$, экз.; e — основание натурального логарифма.

Формулы (1) и (2) могут быть использованы для моделирования уровня промышленного запаса будущих периодов без изменения. Описываемый в литературе метод виртуальных популяций (Рикер, 1979) отличается от приведенного постановкой обратной задачи, которая предполагает определение возрастной структуры популяции на момент времени в прошлом. Обратная задача была разработана первой, поскольку ключевым параметром модели является вылов, который невозможно точно определить для будущих периодов. Однако если моделирование проводится на участке с известным выловом или вылов предполагается фиксированным по отношению к величине промышленного запаса (вылов равен ОДУ), то никаких препятствий для прямых расчетов не существует.

Модель виртуальной популяции основывается на данных об уловах. Она позволяет рассчитывать численность возрастной когорты при известном вылове. Для этого необходимо преобразовать уравнение (2):

$$N_{t-1} = \frac{C_{t-1}}{\frac{F_{t-1}}{F_{t-1} + M} (1 - e^{-(F_{t-1} + M)})}. \quad (3)$$

Равенство (3) дает возможность определить численность возрастной когорты в любой момент времени, если известны для рассматриваемого момента мгновенный коэффициент промысловой смертности F и величина вылова C , однако необходимость в его использовании возникает лишь в том случае, если нужно определить численность когорты в базовый год моделирования: в последующие годы численность когорты рассчитывается по формуле (1). В данной работе оценка мгновенного коэффициента промысловой смертности F не использовалась, поскольку на вход модели подавались данные размерного состава по результатам научно-исследовательских съемок.

Таким образом, алгоритм расчетов по модели виртуальной популяции следующий:

1. Определить численность возрастной когорты в базовый год моделирования t . Для этого можно воспользоваться формулой (3) или взять имеющиеся данные научно-исследовательских съемок. Необходимо отметить, что для расчетов по формуле (3) требуется оценка коэффициента F , которая может подбираться экспертно или на основе проводившихся ранее исследований.

2. Определить мгновенный коэффициент промысловой смертности F в году t . Для этого применяется формула (2). Расчеты по формуле (2) выполняются с помощью итерационной процедуры.

3. Рассчитать по формуле (1) величину запаса в год $t + 1$.

4. Продолжать расчеты по формулам (2) и (1) до получения необходимых результатов.

Рассчитанные значения запаса вносятся в таблицу возрастной структуры популяции. Таблица может иметь следующий вид (стрелками обозначено направление алгоритма расчетов; для каждого поколения алгоритм выполняется отдельно) (табл. 1).

Таблица 1

Схема возрастной структуры запаса в годы $t, \dots, t+n$, полученной по модели виртуальной популяции

Table 1

Scheme of age structure of the stock in the years $t, \dots, t+n$ assessed by the virtual population model

Показатель	a	a + 1	a + 2	...	a + m - 1	a + m
t	$N_{a,t}$	$N_{a+1,t}$	$N_{a+2,t}$...	$N_{a+m-1,t}$	$N_{a+m,t}$
t + 1		$N_{a+1,t+1}$	$N_{a+2,t+1}$...	$N_{a+m-1,t+1}$	$N_{a+m,t+1}$
t + 2			$N_{a+2,t+2}$...	$N_{a+m-1,t+2}$	$N_{a+m,t+2}$
...
t + n - 1				...	$N_{a+m-1,t+n-1}$	$N_{a+m,t+n-1}$
t + n				...		$N_{a+m,t+n}$

Основные допущения представленной модели, которые необходимо принимать во внимание при интерпретации результатов расчетов:

1. Мгновенный коэффициент естественной смертности M известен (лучше, если $M < F$; иначе говоря, $0,5 < F/Z \leq 1$).

2. Оценка мгновенного коэффициента промысловой смертности F достаточно точна для начального года моделирования (если такая оценка требуется).

3. В модели не учитываются различные факторы, оказывающие влияние на величину вылова и запаса (приловы, выбросы, ННН-промысел и т.п.), т.е. величина промысловой смертности предполагается известной.

4. Размерно-возрастной ключ, применяемый для преобразования размерного состава в возрастной и обратно, является достаточно точным для получения корректных оценок (ключ необходим, поскольку весь учет и контроль популяций крабов ведется в единицах размера, а не возраста).

5. Размерный состав вылова распределен пропорционально размерному составу промысловой части популяции.

Главным недостатком метода является сильная зависимость от фиксации параметра M , который задается одинаковым как для разных лет, так и для разных когорт. На оценку величины популяций крабов также существенное влияние может оказывать сильное воздействие ННН-промысла, который в последние годы нередко превышает величину официального вылова в разы (Глотов и др., 2005).

Все достоинства и недостатки когортных моделей подробно рассматриваются в работе Мегрея (Megrey, 1983).

Особое внимание необходимо обратить на важность построения достаточно точного размерно-возрастного ключа. В настоящей работе использован ключ с однозначным соответствием размера возрасту. Более точным является стохастический ключ (ключ с вероятностями попадания краба определенного размера в определенную возрастную группу), который может быть построен только на обширных статистических материалах.

Применение размерно-возрастного ключа также позволяет совмещать метод виртуальных популяций с моделями когортно-стохастического анализа (LBA, CSA). Такое совмещение целесообразно производить в точке перехода от ретроспективного к перспективному анализу (прогнозу), поскольку при недостаточности данных модель CSA обладает перед методом виртуальных популяций определенным преимуществом. Однако если данных хватает для построения возрастной структуры популяции и прогнозирования величины пополнения, то более целесообразным представляется использовать метод виртуальных популяций.

Точность результатов применения метода может быть повышена за счет увеличения точности отдельных параметров (вылов, мгновенный коэффициент естественной смертности M), а также за счет ликвидации некоторых допущений (например, допущения о неизменности мгновенного коэффициента естественной смертности для различных размерных групп). Попытка увеличить точность оценок будет являться, однако, гораздо менее эффективной при моделировании величины промыслового запаса будущих периодов из-за наличия большой неопределенности. Тем не менее эти соображения не могут послужить причиной для отказа от построения биоэкономической модели ввиду того, что полученные оценки промыслового потенциала популяции являются прежде всего ориентирами для принятия управленческих решений в сфере инвестиционной политики, а сами экономические оценки в большей степени зависят от неопределенности конъюнктуры рынка, чем от неопределенности оценки величины промыслового запаса, которая рассчитывается на основе более строгих закономерностей.

Таким образом, биологический блок биоэкономической модели является важным, но не главенствующим в ее составе. Оценка величины промысловой части популяции необходима для прогнозирования «физической массы» доступного ресурса. Такая оценка в дальнейшем анализируется исключительно с точки зрения эффективности эксплуатации промыслового запаса.

Экономический блок биоэкономической модели может предполагать различные подходы, в частности маркетинговую оценку ресурса. Некоторые экономические оценки ресурса представлены в схеме алгоритма расчетов биоэкономической модели (рис. 1).

В данной работе в качестве экономической оценки использована маркетинговая оценка ресурса, которая характеризует абсолютную величину валуатоёмкости ресурса.

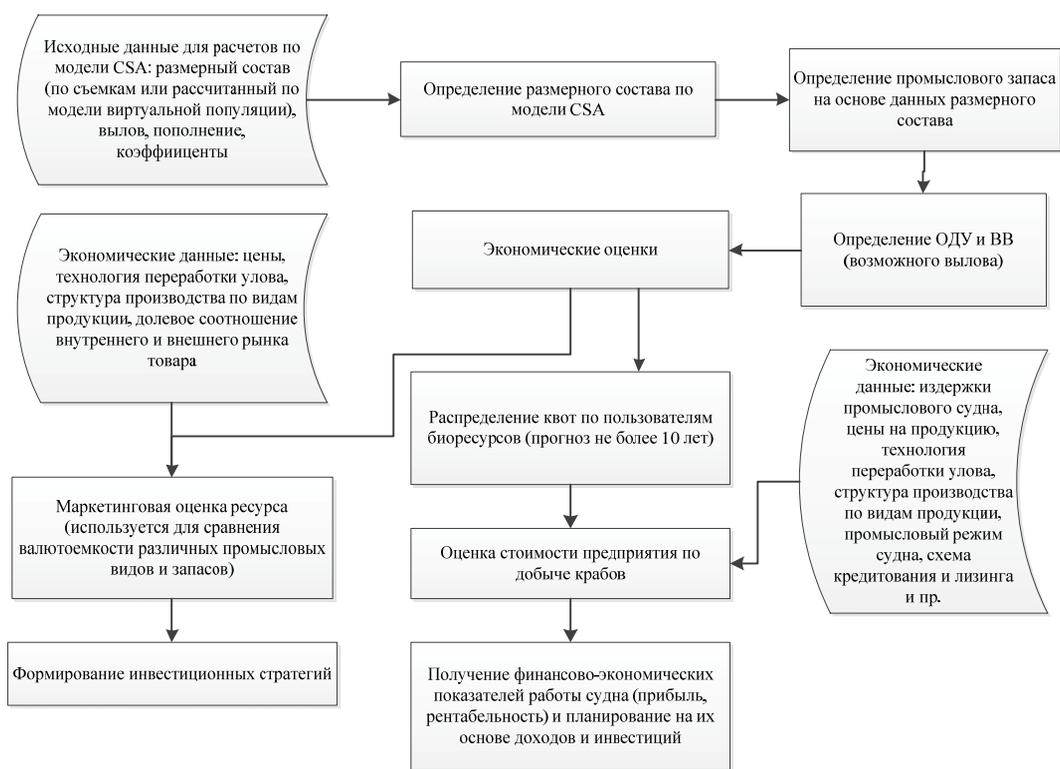


Рис. 1. Алгоритм расчетов биоэкономической модели с использованием модели долгосрочной динамики эксплуатируемой популяции промысловых беспозвоночных CSA

Fig. 1. Algorithm of bio-economic model with using the cohort analysis of long-term dynamics for exploited population of commercial invertebrate

Расчет маркетинговой оценки ресурса, использованный в данной работе, основан на двух формулах (Покровский и др., 2012):

$$I_m = \sum_{i=1}^k K_i N_i P_i, \quad (4)$$

где I_m — маркетинговый индекс доходности ресурса, дол. США; K_i — доля 1 т сырья, направленная на производство i -го вида продукции; N_i — норма выхода i -го вида готовой продукции; P_i — цена 1 т i -го вида готовой продукции; k — количество видов выпускаемой продукции;

$$Est = I_m \cdot ODU \cdot S, \quad (5)$$

где Est — маркетинговая оценка ресурса, дол. США; ODU — общий допустимый улов, т; S — доля рынка, для которого справедлив I_m .

Маркетинговая оценка ресурса определяется для различных рынков, в качестве которых обычно берутся внутренний и внешний рынки. В наших расчетах предполагалось, что вся производимая продукция из краба реализуется на экспорт. Маркетинговая оценка также может дисконтироваться, однако определение нормы дисконта является отдельной задачей и в данной работе она не рассматривается.

В экономической блок биоэкономической модели нередко включается сравнительный анализ эффективности различных стратегий эксплуатации ресурса, варьирующих по величине вылова (заданного ОДУ). Такой анализ позволяет выявить наиболее экономически целесообразный режим эксплуатации объекта с учетом экологических ограничений и часто подразумевает введение сценария накопления ресурсного капитала для переловленных популяций (сценарий накопления позволяет получить дополнительные доходы в будущем за счет ограничения промысла в настоящем). Поскольку расчеты основаны на ряде известных значений вылова, сравнительный анализ стратегий эксплуатации ресурса не проводился.

Результаты и их обсуждение

Методика модели виртуальной популяции была применена для моделирования размерной структуры промыслового запаса синего краба Западно-Беринговоморской зоны.

В качестве источников использовались база данных ССД, отчеты о научно-исследовательской работе лабораторий ТИНРО-центра (Покровский и др., 2012; Мельников и др., 2013) и данные прогнозов ТИНРО-центра.

Основные допущения при расчетах:

1. Величина вылова определена достаточно точно (не учитывались приловы, выбросы, смертность при хендлинге и ННН-промысел).

2. Размерный состав вылова при коммерческом промысле идентичен размерному составу, полученному в результате анализа данных научно-исследовательских съемок (ловушечных), проводившихся в Западно-Беринговоморской зоне в том же году, что и промысел.

3. Мгновенный коэффициент естественной смертности одинаков для всех возрастных когорт в любой год моделирования.

4. Каждый интервал размера ширины карапакса поставлен в однозначное соответствие возрасту взрослой особи краба (размерно-возрастной ключ детерминирован).

Размерный состав для условной промысловой популяции синего краба был связан с возрастным посредством ключа (табл. 2) (Покровский и др., 2012).

Таблица 2
Размерно-возрастной ключ условной промысловой популяции синего краба
Западно-Беринговоморской зоны

Table 2

Age-length key for blue king crab in the western Bering Sea

Размерная группа	Размер, мм (ШК)	Возраст, годы
Рекруты	130–139	11
Пострекруты 2	140–149	12
Пострекруты 1	150–159	13
Крупные 3	160–165	14
Крупные 2	166–171	15
Крупные 1	172–177	16
Максимальный размер	Более 177	17

Примечание. Большие номера названий размерных групп таблицы (например, пострекруты 2) соответствуют меньшему размеру по ширине карапакса (ШК). Размеры по ШК даны в виде интервальных оценок, поскольку установить однозначное соответствие между размером и возрастом практически невозможно.

Используя размерно-возрастной ключ, можно представить возрастной состав популяции синего краба в 2006–2011 гг. в виде таблицы (табл. 3), значения в ячейках которой получены в результате умножения величины промыслового запаса в рассматриваемом году на относительную долю возрастной когорты по данным ловушечных съемок.

Таблица 3
Возрастной состав условного промыслового запаса синего краба
Западно-Беринговоморской зоны в 2006–2011 гг.

Table 3

Age structure of blue king crab in the western Bering Sea in 2006–2011

Возраст, годы	2006	2007	2008	2009	2010	2011
11	1237,8	1450,4	678,3	854,8	603,3	1685,4
12	1137,7	1650,5	951,7	1209,5	779,2	836,6
13	1058,0	1533,8	1019,8	1217,8	915,0	518,6
14	399,6	516,8	425,9	593,3	381,1	181,0
15	448,8	421,0	304,6	413,4	381,1	303,3
16	324,1	305,9	195,9	361,7	275,1	181,0
17	621,0	317,6	193,6	465,7	501,2	247,1
Всего	5227,0	6196,0	3769,8	5116,2	3836,0	3953,0

В модели виртуальной популяции использовались данные вылова, распределенного по когортам согласно представленной в табл. 3 структуре (на основе второго допущения).

Моделирование производилось от 2006 к 2011 г. Помимо величин вылова и заданного коэффициента смертности M , равного 0,2, на вход модели подавались данные возрастного состава промысловой части популяции в 2006 г. (это позволило избежать оценки F -терминального), а также значения численности возрастной когорты 11 в 2007–2011 гг. Программным средством, применявшимся для расчетов и графического представления полученных данных, послужил табличный процессор MS Excel 2010.

Результаты расчетов представлены в виде графика (рис. 2).



Рис. 2. Численность условного промыслового запаса синего краба Западно-Берингово-морской зоны в 2006–2011 гг. по модели виртуальной популяции и по данным научно-исследовательских съемок, тыс. экз.

Fig. 2. Abundance of blue king crab in the western Bering Sea in 2006–2011 according to the virtual population model and surveys data, 10³ ind.

Результаты, полученные по модели, были сопоставлены с данными научно-исследовательских съемок. Отклонения внесены в табл. 4.

Таблица 4

Отклонения численности промыслового запаса, рассчитанной по модели виртуальной популяции, от численности промыслового запаса, полученной по результатам научно-исследовательских съемок, %

Table 4

Difference between the estimations of the blue king crab stock in the western Bering Sea from the virtual population model and the data of research surveys, %

2007	2008	2009	2010	2011	Среднее отклонение по модулю
-21,7	3,0	-35,0	-28,7	-17,1	21,1

Среднее отклонение величины промыслового запаса составило 21,1 %, при этом колебалось в значительном диапазоне — от -35,0 до +3,0 %. Большинство значений отклонений являются отрицательными, благодаря чему модель может при определенных условиях использоваться для минимальной оценки промыслового запаса.

Примечательно, что расхождения в оценках не нарастают со временем и могут даже уменьшаться (с 35,0 % в 2009 г. до 17,1 % в 2011 г.). Данное явление, однако, может быть характерно только для представленного примера, и общих выводов по этому вопросу делать не стоит.

Уровень промыслового запаса, определенный с помощью модели виртуальной популяции, используется в рамках биоэкономического моделирования для нахождения величины дохода, который отрасль сможет получить при эксплуатации рассматриваемого запаса. Для этого определяют величину изъятия объекта (ОДУ), для крабов обычно

равную 10 % от биомассы промыслового запаса. Такая величина представляет собой доступный для коммерческого использования ресурс, который может быть выражен в единицах стоимости. Экономическая ценность запаса определяется путем расчета маркетинговой оценки ресурса (формула (5)), которая показывает, сколько может стоить весь добытый по норме ОДУ краб при известных ценах и структуре переработки улова. В настоящей работе ОДУ не рассчитывался, поскольку моделирование было выполнено для интервала времени с известной величиной вылова, однако сущность расчета маркетинговой оценки ресурса от этого не меняется: по предполагаемой величине вылова (в данном случае известной) оценивается стоимость добытого ресурса. Величины вылова брались из базы данных системы Росрыболовство.

Расчет маркетинговой оценки ресурса производился из условия, что 25 % сырья направляется в живом виде, 74 % — в мороженом, 1 % составляет мороженое мясо краба. Мороженный краб учитывался как варено-мороженые конечности.

В табл. 5 представлена динамика экспортных цен на продукцию из королевского краба (синий входит в ту же ценовую категорию, что и камчатский).

Таблица 5

Динамика экспортных цен на продукцию из королевских крабов, выловленных в дальневосточных морях России (источник данных — РК-ПРОФИ и FAS GATS), дол. США/т

Table 5

Dynamics of export prices for the products of blue king crab caught in the Far Eastern Seas of Russia, USD per metric ton, according to FC-PROFI and FAS GATS

Степень обработки	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Живой	6 032	7 855	7 306	6 926	11 300	13 636
Мороженный	11 098	12 337	17 257	14 114	16 843	22 081
Мясо	15 356	17 304	11 116	17 474	19 059	–

Нормы выхода готовой продукции взяты из Бассейновых норм (2004)*.

Результаты расчетов маркетинговой оценки вылова синего краба Западно-Беринговоморской зоны приведены в табл. 6.

Таблица 6

Маркетинговый индекс доходности и маркетинговая оценка ресурса популяции синего краба Западно-Беринговоморской зоны в 2006–2011 гг. по известной величине вылова

Table 6

Marketing profitability index and market assessment of resource for the blue king crab population in the western Bering Sea in 2006–2011 based on its landings

Показатель	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Маркетинговый индекс доходности, дол. США	6 631	7 669	9 758	8 237	10 614	13 581
Маркетинговая оценка ресурса, тыс. дол. США	6 193,7	10 242,8	11 729,1	9 646,8	10371,1	14 849,9

Динамика маркетинговой оценки ресурса тесно связана с величиной вылова и ценами на готовую продукцию. В меньшей степени на нее влияют нормы выхода и принятая в отрасли структура переработки улова, которая определяется каждым производителем самостоятельно, но зависит от спроса на те или иные виды продукции. Маркетинговая оценка ресурса демонстрирует величину валуоемкости ресурса и имеет большое значение при планировании инвестиций и денежных потоков предприятий отрасли.

Заключение

Проанализирована методика использования модели виртуальной популяции в составе комплекса задач биоэкономического моделирования. Расхождения модели по

* Бассейновые нормы отходов, потерь, выхода готовой продукции и расхода сырья при производстве мороженой продукции из морепродуктов Дальнего Востока. М.: Государственный комитет РФ по рыболовству, 2004. 13 с.

сравнению с данными научно-исследовательских съемок в оценке величины промыслового запаса синего краба Западно-Берингоморской зоны составили по модулю от 3 до 35 %. Основными источниками ошибок модели являются неточности в определении параметров и показателей входа модели. Одним из наиболее приоритетных направлений по снижению уровней ошибок модели может стать повышение точности эмпирического размерно-возрастного ключа, учитывающего вероятностный характер роста крабов. Продемонстрирована методика подхода к экономической оценке ресурса. Рассчитанная по смоделированным значениям величины промыслового запаса маркетинговая оценка ресурса позволяет судить о валютоемкости эксплуатируемой части популяции синего краба Западно-Берингоморской зоны при известных ценах и структуре переработки сырья. Увеличение эффективности модели виртуальной популяции должно способствовать разработке корректных планов управления ресурсами беспозвоночных на основе биоэкономической модели долгосрочной динамики эксплуатируемой популяции.

Список литературы

Акулин В.Н., Покровский Б.И., Родин В.Е., Соломин А.И. Анализ инвестиционной привлекательности вариантов стратегий восстановления запасов валютоемких видов морских биологических ресурсов // Научные доклады : независимый экономический анализ. — 2010. — № 218. — С. 244–254.

Баканев С.В. Моделирование популяционной динамики камчатского краба на основе байесовского подхода // Принципы экологии. — 2012. — № 3. — С. 4–23.

Глотов Д.Б., Блинов А.Ю., Ткаченко И.В., Слюсарев В.А. Оценка ущерба от незаконного промысла водных биоресурсов в дальневосточном рыбопромысловом бассейне. Экономические меры противодействия браконьерству : монография. — Владивосток : АРПП, 2005. — 30 с.

Мельников И.В., Кобликов В.Н., Федотов П.А. и др. Распределение, оценка запасов и биологическое состояние промысловых видов крабов и креветок в дальневосточных морях в 2013 г. : отчет о НИР / ТИНРО-центр. № 27488. — Владивосток, 2013. — 150 с.

Покровский Б.И., Бобарыкина Н.Н., Соломин А.И. и др. Разработка методических подходов к управлению донными объектами Берингова моря на инновационной основе (на примере синего краба Западно-Берингоморской зоны) : отчет о НИР / ТИНРО-центр. № 27254. — Владивосток, 2012. — 87 с.

Рикер У.Е. Методы оценки и интерпретация биологических показателей популяций рыб : монография. — М. : Пищ. пром-сть, 1979. — 408 с. (Пер. с англ.)

Lassen H., Medley P. Virtual Population Analysis — A Practical Manual for Stock Assessments: FAO Fisheries Technical Paper. — Rome : FAO of the United Nations, 2001. — 128 p.

Megrey B.A. Review and comparison of three methods of cohort analysis: processed report. — Washington : NORFISH Research Group, Center for Quantitative Sciences in Forestry, Fisheries, and Wildlife; University of Washington, 1983. — 29 p.

Zheng J., Murphy M.C., Kruse G.H. Application of a Catch-Survey Analysis to Blue King crab stocks near Pribilof and St. Matthew islands // Alaska Fish. Res. Bull. — 1997. — Vol. 4. — P. 62–74.

Поступила в редакцию 21.08.14 г.