

ПРОМЫСЕЛ ГИДРОБИОНТОВ

УДК: 595.384.2:639.2 (268.45)

**СТАНДАРТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРОМЫСЛА
КАМЧАТСКОГО КРАБА В РОССИЙСКИХ ВОДАХ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
В 2010–2018 ГГ. С ПОМОЩЬЮ ОБОБЩЕННОЙ ЛИНЕЙНОЙ МОДЕЛИ**

© 2019 г. С. В. Баканев

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

Поступила в редакцию 25.03.2019 г.

Для оценки факторов, влияющих на производительность промысла камчатского краба в российских водах Баренцева моря в 2010–2018 гг., использовалась обобщенная линейная модель (GLM). Выяснено, что динамика производительности в большей степени зависит от производственных факторов (типа ловушки и судна), нежели от факторов среды (глубины, температуры, солености, типа грунта, удаленности от берега). Пошаговое включение факторов в модель стандартизации показало, что наиболее значимое влияние на ежегодную динамику производительности лова помимо эффекта года (40% объясненной дисперсии) оказывают следующие факторы: тип судна и ловушки, количество ловушек в порядке, месяц (или неделя). Возможно, что фактор температуры покажет более высокую свою значимость при увеличении сезона промысла, тогда как в настоящее время, при коротких промысловых сезонах 2014–2018 гг., вклад его незначителен.

Ключевые слова: камчатский краб, Баренцево море, производительность промысла, обобщенная линейная модель, факторы среды.

ВВЕДЕНИЕ

Стандартизация производительности промысла является одной из ключевых процедур в оценке состояния запаса гидробионтов (Hilborn, Walters, 1992; Бабаян и др., 2014). Ее актуальность повышается с уменьшением информационной обеспеченности запаса, когда, например, промысловая статистика является единственным показателем состояния запаса и от ее правильной интерпретации зависит корректность оценки общего допустимого улова. Оценка состояния запаса камчатского краба в российских водах Баренцева моря в настоящее время представляет собой комплексную процедуру, основанную на использовании как эмпирических методов анализа временных рядов различных популяционных параметров, так и аналитических моделей динамики численности популяции. С учетом меняющегося

уровня и качества информационной обеспеченности, производительность промысла, или динамика улова на единицу усилия (catch per unit effort – CPUE), является одним из основных предикторов, описывающих состояние запаса. При этом стандартизированные значения CPUE используются в качестве входных данных как в аналитических моделях (CSA и модель истощения Лесли), так и в ходе прямого анализа трендов (Баканев, 2014, 2016).

Тем не менее, использование CPUE в качестве индекса состояния запаса имеет определенные недостатки, которые могут привести к неправильной реконструкции популяционной динамики (Hilborn, Walters, 1992; Maunder et al., 2006). Например, динамика CPUE может быть «гиперстабильна», т.е. нечувствительна к изменениям в динамике самого запаса (Harley et al.,

2001). Или наоборот, динамика CPUE в некоторых случаях может быть «гиперчувствительна», т.е. более вариативна по сравнению с динамикой самого запаса. «Гиперчувствительность» может, например, наблюдаться при перераспределении запаса на акватории промысла, когда производительность лова значительно снижается или повышается, но запас при этом сохраняется на прежнем уровне. Изменения в географии и сезоне промысла, а также в технических возможностях добывающего флота, могут существенно влиять на CPUE, что в некоторых случаях приводит к искажению соотношения между трендами в производительности лова и истинной динамикой запаса (Bishop, 2006; Ye, Dennis, 2009).

Стандартизация CPUE с помощью обобщенных линейных моделей (generalized linear model — GLM) позволяет, наряду с другими математическими методами, устранить влияние некоторых факторов, тем самым максимально возможно приблизить динамику производительности лова гидробионта к динамике его запаса (Maunder, Punt, 2004; Venables, Dichmont, 2004). Процедура оценки влияния факторов с последующим решением об их использовании в модели стандартизации являются одним из способов снизить уровень неопределенности в оценках, как состояния самого запаса, так и общего допустимого улова. В работе предпринята попытка включить в модель стандартизации не только ранее использовавшиеся факторы: период и район промысла, тип ловушки (Баканев, 2014), но и оценить возможность включения некоторых факторов среды: глубины, придонной температуры, солености, типа грунта и удаленности от береговой линии.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материалом для настоящей работы послужили статистические данные, полученные в ходе промысла камчатского краба отечественным флотом в ИЭЗ РФ Баренцева моря в 2010–2018 гг. Для формирования временных рядов данных использовали

базу данных ПИПРО «Промысел», сформированную на основе судовых суточных донесений (ССД) ФГБУ «Центр системы мониторинга рыболовства и связи». Анализировали информацию по каждой промысловой операции, которая содержала следующие характеристики:

- 1) бортовой номер судна;
- 2) дата операции;
- 3) тип орудия лова (крабовой ловушки);
- 4) количество ловушек, поднятых за одну операцию (количество ловушек в порядке);
- 5) координаты;
- 6) глубина;
- 7) вылов промыслового краба (общая масса (кг) самцов камчатского краба промыслового размера, поступившего в переработку).

База данных содержала 15773 промысловые операции, анализ и верификация которых проходили в несколько этапов: 1) отбор судов по степени промысловой активности: при анализе учитывались суда, участвовавшие в трех и более промысловых сезонах; 2) фильтрация данных, которая заключалась в удалении редких и маловероятных операций, с производительностью выше 1 т на ловушку, или с выловом менее 1 кг или более 30 тонн, а также без указания количества ловушек в порядке, т.е. поднятых за одну операцию; Для процедуры выбора модели и стандартизации каждой операции были присвоены следующие категории (факторы): год, месяц, судно, тип ловушки, количество ловушек в порядке, промысловый район, глубина. Принадлежность операции к промысловому району осуществлялась в соответствии с оцифрованной картой, изданной Главным управлением навигации и океанографии Министерства обороны СССР по заказу Главного управления «Севрыба» в 1974 г.

Кроме того, в качестве факторов среды были использованы:

- 1) удаленность от береговой линии (км), рассчитанная с помощью функции библиотеки geosphere статистической среды R;

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

3) придонная температура (°C), горизонтальный градиент температуры (°C/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 (2010–2018 гг.).

Для стандартизации и оценки влияния факторов на годовую динамику производительности промысла использовалась обобщенная линейная модель (GLM) следующего вида:

$$\log(CPUE_i) = \alpha_0 + \alpha_y^Y + \alpha_{v_i}^V + \alpha_{t_i}^T + \alpha_{n_i}^N + \alpha_{m_i}^M, \quad (1)$$

где — улов на ловушку для i -той операции (наблюдения), α_0 — общее смещение, $CPUE_i$ — коэффициенты года (Y, y_i), судна (V, v_i), типа ловушки (T, t_i), количества ловушек в порядке (N, n_i), месяца (M, m_i). Кроме того, в ходе анализа учитывались следующие факторы: номер недели, промысловый район, диапазон глубин, тип грунта, придонная температура, соленость, удаленность от берега. Процедура выбора наилучшей модели улова на усилие была построена на серии машинных экспериментов, которые сводились к последовательному тестированию вариантов модели, полученных путем различных комбинаций всех предварительно отобранных наборов независимых параметров и версий функций связи. Целью экспериментов являлась оценка адекватности тестируемых вариантов модели исходным значениям уловов на усилие по результатам анализа дисперсий (ANOVA) и сопоставлению значений критерия Акайке, «штрафующим» за избыток неизвестных параметров. Тестирование моделей выполнялось с помощью программных модулей среды R «ANOVA» и «AIC» (Бабаян и др., 2014). В конечную модель входили факторы, пошаговое включение которых

уменьшало объясненную дисперсию более чем на 1%. Реализация модели и анализ суммарной статистики проводили с помощью встроенных функций статистического пакета R, а также библиотеки *influe* (Bentley et al., 2012).

Для сравнения среднегодовой динамики нестандартизированного улова на ловушку и стандартизированного улова ($CPUE_i$), с помощью модели GLM, использовали индексы (I), получаемые нормированием геометрических средних уловов (G) определенного года (y) к среднему улову за весь период наблюдений (ρ) (Bentley et al., 2012):

$$I_y^C = G_y^C / G_p^C \text{ и } I_y^{CPUE} = G_y^{CPUE} / G_p^{CPUE} \quad (2)$$

Для оценки влияния фактора на годовую динамику производительности промысла рассчитывали среднее значение коэффициентов фактора (ρ) за весь период наблюдений. Затем для каждого года вычисляли среднюю разницу (δ) между средней за весь период и со значением коэффициента в определенном году. Например, для фактора судна уравнения имели вид:

$$\rho^V = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} \alpha_{v_i}^V}{n}, \quad (3)$$

$$\delta_y^V = \frac{\sum_{i=1}^{i=n_y} (\alpha_{v_i}^V - \rho^V)}{n_y}, \quad (4)$$

где n — количество записей во всем наборе данных, а n_y — количество записей в году y . В мультипликативной GLM модели используются логарифмированные значения CPUE для преобразования их распределения в нормальное, поэтому для оценки мультипликативного индекса влияния вычисляется экспонента δ :

$$I_y^V = \exp(\delta_y^V). \quad (5)$$

Если I_y^V (индекс для оценки влияния фактора судна (V) в году y) больше 1, то этот фактор увеличил показатель нестандартизированного CPUE в рассматриваемом году. Процедура стандартизации удаляет влияние

Таблица 1. Количество проанализированных порядков и ловушек, в ходе мониторинга промысла камчатского краба в ИЭЗ РФ Баренцева моря в 2016–2018 гг.

Год	Кол-во операций (порядков)	Кол-во ловушек
2016	191	3820
2017	333	6548
2018	306	6352

этого фактора, поэтому стандартизированная величина CPUE будет ниже первоначальной (нестандартизированной). Значение индекса меньше 1 имеет обратный смысл, а равный 1 означает, что фактор не имел влияния на CPUE в анализируемом году. Средний индекс для оценки влияния фактора на динамику CPUE за весь период наблюдений рассчитывается по следующей формуле (Bentley et al., 2012):

$$\bar{I}^V = \exp\left(\frac{\sum_{y=1}^{y=p} \delta_y^V}{p}\right) - 1, \quad (6)$$

где продолжительность периода наблюдений p лет. Этот показатель оценивает уровень влияния фактора на CPUE от года к году. Например, значение 0,1 означает, что фактор изменял величину CPUE в среднем на 10% в каждый год наблюдения в большую или меньшую сторону.

Для сравнительного анализа корректности оценки CPUE, полученного на основе ССД, использовали данные, собранные наблюдателями ПИПРО на борту краболовного судна М-0388 «Александр Машаков». В 2016–2018 гг. было проанализировано 16720 уловов ловушками, собранными в 830 порядков (табл. 1).

РЕЗУЛЬТАТЫ

В 2004 г. в ИЭЗ РФ Баренцева моря был начат широкомасштабный промышленный лов камчатского краба, который характеризовался резким увеличением промысловых нагрузок, расширением географии промысла и чрезмерной нагрузкой на популяцию в 2005–2006 гг. (Баканев, 2016). После значительного снижения величины промыс-

лового запаса наблюдалось его постепенное восстановление с ростом ежегодного вылова с 4 до 9 тыс. т с 2010 по 2018 гг. (табл. 2). При этом по сравнению с предыдущими годами эксплуатация запаса осуществлялась на весьма ограниченной акватории (восточная часть ареала) и включала в себя следующие промысловые районы: Восточный прибрежный район, Канинская и Северо-Канинская банки, Мурманское и Канинско-Колгуевское мелководья (рис.1).

Продолжительность промыслового сезона в 2010–2018 гг. варьировала от 2 до 5 месяцев, в последние годы, составляя в среднем 2,5 месяца. Акватория промысла включала в себя несколько промысловых районов и за исследованный период значительно менялась, ежегодно варьируя от 13 тыс. км² в 2018 г. до 36 тыс. км² в 2010 г. Количество добывающих судов с 2010 по 2014 гг. сократилось с 22 до 9, однако последние три года оно сохраняется на уровне 10–11 единиц. Промысел краба в анализируемый период велся в диапазоне придонных температур от 3,6 °С до 9,1 °С. Наиболее производительные участки, которые охватывали более 90% площади акватории промысла, были отмечены при придонных температурах от 5,5 °С до 7,5 °С. Соленость в придонных слоях колебалась в пределах 33,4–34,7‰. Тип грунта был весьма однородным – ил (57%) и илистый песок (43%).

Промысел камчатского краба в Баренцевом море в последние годы осуществлялся трапецевидными (23,9%), прямоугольными (66,4%) и коническими (9,7%) ловушками. Лов коническими ловушками был эпизодическим в 2010–2012 гг. и 2017 г., а основные промысловые усилия в эти годы приходились

Таблица 2. Основные показатели промысла камчатского краба в ИЭЗ РФ Баренцева моря в 2010–2018 гг.

Период промысла		Акватория промысла, тыс. км ²	Кол-во				Вылов, тыс. т
год	месяц		судов	судо-суток лова	промысловых операций	постановок ловушек, тыс. шт.	
2010	VIII–XII	36	22	1059	3338	134	3,940
2011	VIII–XI	21	15	468	1678	69	3,702
2012	VIII–X	28	13	484	1721	67	5,209
2013	VIII–X	20	10	318	1130	38	5,531
2014	IX–X	17	9	305	820	31	5,995
2015	IX–X	14	9	297	862	29	6,381
2016	IX–XI	22	10	420	1369	55	8,300
2017	IX–XI	23	10	501	1858	134	9,285
2018	IX–XI	13	11	480	1658	38	9,187

на прямоугольные и трапециевидные ловушки. Динамика среднего улова на ловушку с 2010–2018 гг. сохранялась положительной за исключением периода 2015–2016 гг. для

прямоугольных ловушек и 2015–2017 гг. для трапециевидных (рис. 2).

Пошаговое включение факторов в модель стандартизации показало, что наи-

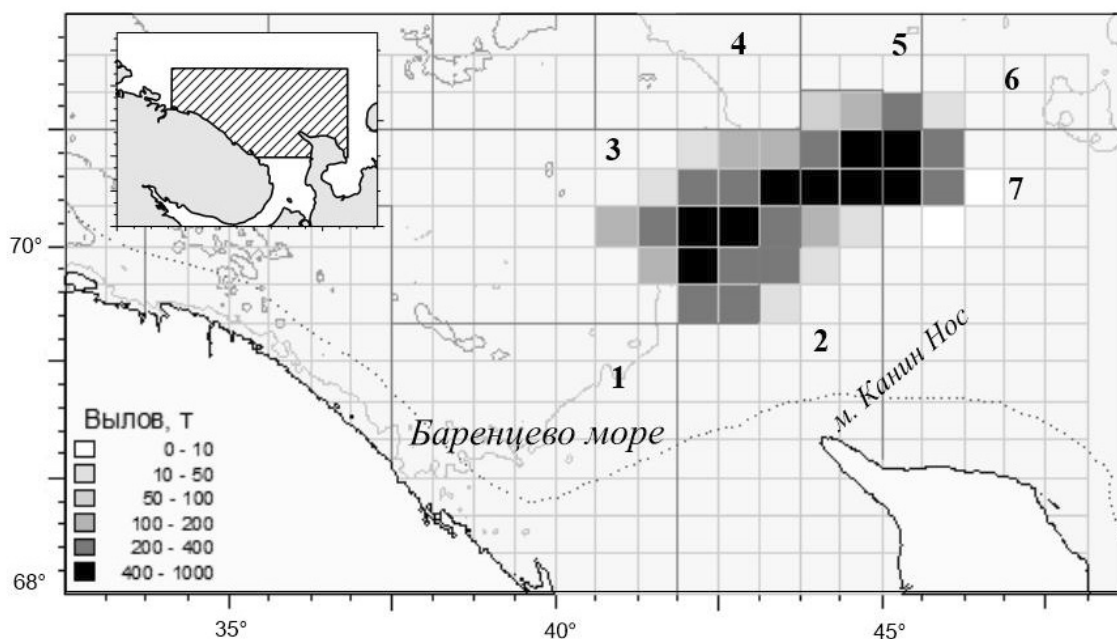


Рис. 1. Районы промысла камчатского краба в Баренцевом море на примере 2018 г. (1 – Восточный прибрежный район, 2 – Канинская банка, 3 – Мурманское мелководье, 4 – Западно-Центральный район, 5 – Северо-Канинская банка, 6 – Северный склон Канино-Колгуевского мелководья, 7 – Канино-Колгуевское мелководье).

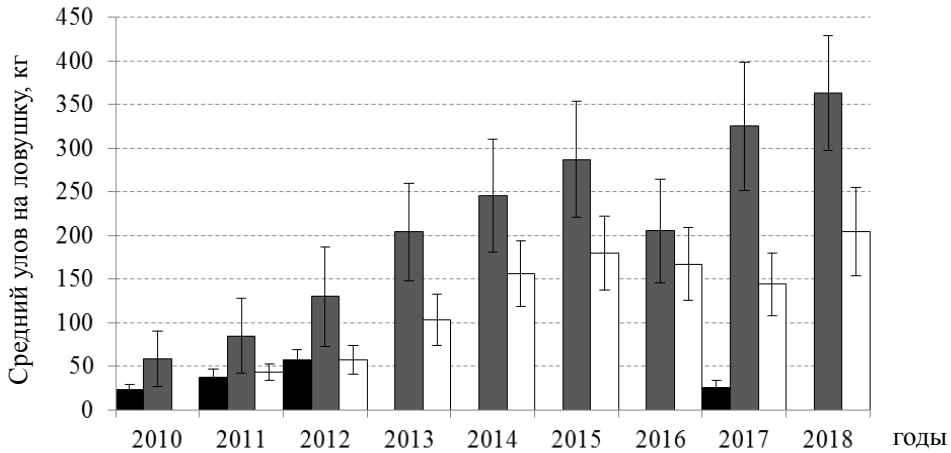


Рис. 2. Динамика среднего улова (кг) камчатского краба на одну коническую (■), прямоугольную (▒) и трапециевидную (□) ловушки в ходе его промысла в ИЭЗ РФ в 2010–2018 гг. (планки погрешностей – стандартное отклонение).

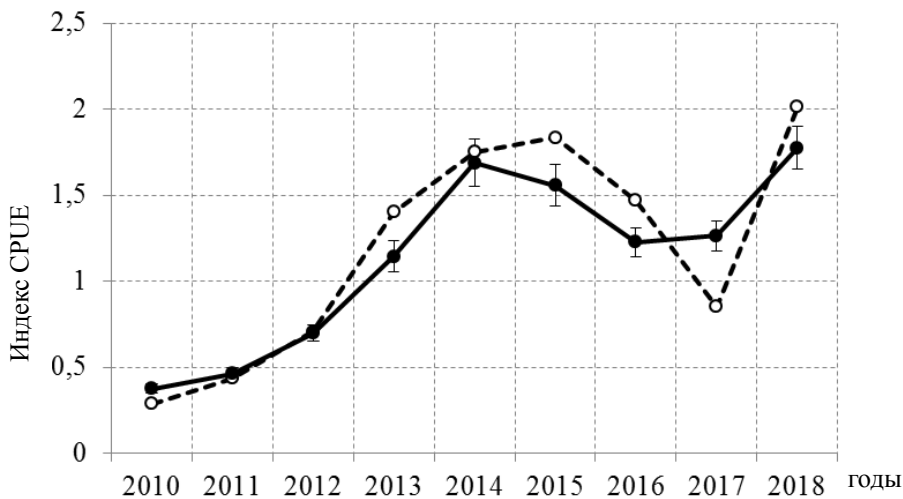


Рис. 3. Не стандартизированный (I^C , пунктирная линия) и стандартизированный (I^{CPUE} , сплошная линия) индексы улова на ловушку (CPUE) камчатского краба в ИЭЗ РФ в Баренцевом море в 2010–2018 гг. (планки погрешностей – стандартное отклонение)

более значимое влияние на ежегодную динамику производительности лова помимо эффекта года (40% объясненной дисперсии) оказывают следующие факторы: судно, тип ловушки, количество ловушек в порядке, месяц (или неделя). При включении в модель временного фактора месяца последующее добавление временного фактора недели при этом не являлось значимым, и, наоборот, при первичном включении фактора недели в мо-

дель последующее добавление фактора месяца, вследствие их взаимной корреляции, не приводило к значимому уменьшению объясненной дисперсии. Несущественное влияние (объясненная дисперсия уменьшалась менее чем на 1%) было отмечено для следующих факторов — район, глубина, температура, соленость, удаленность от берега (табл. 3).

Последующий анализ динамики производительности проводился с помощью GLM,

Таблица 3. Факторы и показатели диагностики модели стандартизации улова на усилие в ходе промысла камчатского краба в ИЭЗ РФ Баренцева моря в 2010–2018 гг. (факторы в модель включаются пошагово)

Фактор	Кол-во степеней свободы	AIC	Объясненная дисперсия (%)	Общий индекс влияния (%)
Год	8	28734	40	-
Судно	13	24524	58	4,85
Тип ловушки	2	21267	69	17,15
Кол-во ловушек	10	20737	70	6,36
Месяц	4	20334	71	5,65
Неделя	16	20170	72	2,32
Район	5	20116	72	2,66
Глубина	5	20171	72	0,33
Температура	6	19915	72	1,12
Соленость	5	19908	72	<0,01
Удаленность от берега	15	19909	72	<0,01

включавшей в себя следующие значимые факторы: судно, тип ловушки, количество ловушек в порядке, месяц. Динамика не стандартизованного (I^C) и стандартизованного ($I^{CPUЕ}$) индексов улова на ловушку совпадает на всем периоде исследований за исключением 2014–2015 и 2016–2017 гг. (рис. 3).

При пошаговом включении факторов в модель существенные изменения динамики индекса ($I^{CPUЕ}$) проявляются на шаге включения фактора типа ловушки. Остальные факторы незначительно корректируют тренд. Динамика индексов влияния факторов показывает, что существенное влияние в GLM оказывает также фактор типа ловушки в отдельные годы (рис. 4). Такие изменения связаны с тем, что в разные промысловые сезоны соотношение и количество типов ловушек менялись. В отдельные годы (2010–2012 и 2017 гг.) промысел некоторыми судами велся только коническими ловушками, а в 2017–2018 гг. количество постановок трапецевидных ловушек превысило количество операций с применением прямоугольных ловушек, доминирующих ранее.

ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ факторов, влияющих на производительность промысла камчатского краба в ИЭЗ РФ Баренцева моря, показал, что динамика производительности промысла в большей степени зависит от производственных факторов (судна, типа ловушки), нежели от факторов среды (района, глубины, температуры, солености, типа грунта, удаленности от берега). Минимальное влияние факторов среды объясняется тем, что промысел в настоящее время ведется на весьма ограниченном участке, имеющим достаточно однородные природные условия, и проходит в относительно короткие временные рамки. В то же время временной фактор является существенным в рамках промыслового сезона, так как производительность отечественного лова камчатского краба в Баренцевом море в ходе сезона закономерно снижается к его концу (Баканев, 2015).

Весьма существенную роль в интегральной оценке производительности лова играет фактор типа ловушки. Конструктивные отличия конических, трапецевидных и прямоугольных ловушек в значительной

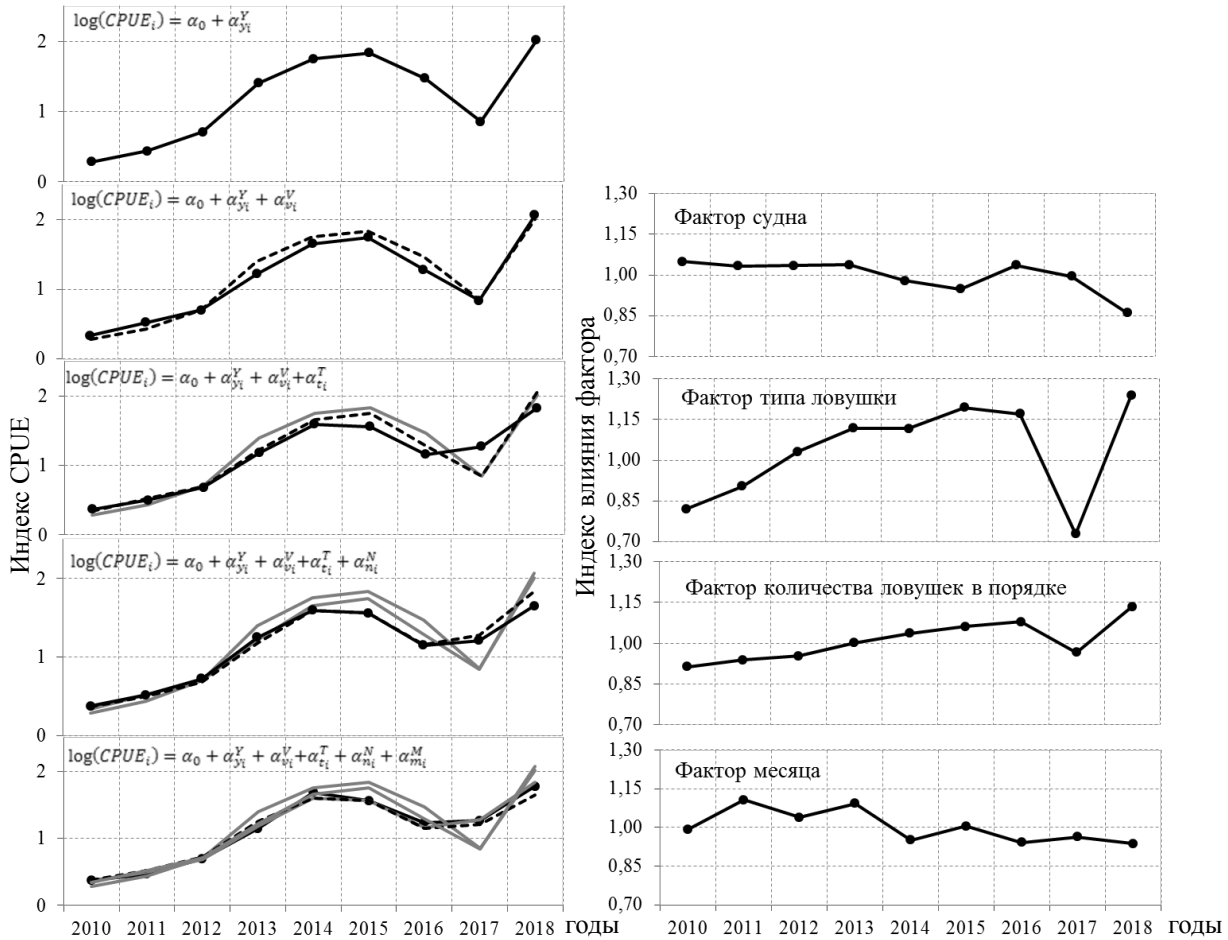


Рис. 4. Динамика индексов CPUE (I^{CPUE} , сплошная линия) при пошаговом включении факторов (пунктирная линия — предыдущий шаг, серые линии — все остальные уже рассмотренные шаги), а также динамика индексов влияния факторов в GLM при стандартизации CPUE камчатского краба в ходе его промысла в ИЭЗ РФ 2010–2018 гг.

мере отражаются на их производительности лова. Использование конических ловушек в 2017 г. заметно снизили не стандартизированный средний улов на усилие в этот год. В то же время это практически не повлияло на показатели в 2010–2012 гг., так как улов данным типом ловушек в эти годы был незначителен (рис. 3 и 4).

Несмотря на то, что влияние факторов среды на производительность лова было незначительным, в последующем при увеличении временного ряда их роль может возрасти. Например, включение фактора района в модель в настоящее время уменьшает объясненную дисперсию на 0,77%, что ниже порогового критерия. Несмотря на это общий

индекс влияния этого фактора составляет 2,66% (табл. 2) и включение этого фактора в модель может менять динамику производительности в отдельные годы (2014–2015 гг.) на противоположную. Возможно, что при увеличении временного ряда и расширении географии промысла этот фактор увеличит свою значимость при стандартизации производительности промысла.

Одним из важных факторов, влияющих на стандартизацию производительности, является количество ловушек, приходящееся на одну операцию, т.е. количество ловушек соединенных в один порядок. Этот же фактор, согласно проведенному сравнительному анализу данных наблюдателей в 2016–

2018 г. и соответствующей промысловой статистики, является источником больших неопределенностей, который может влиять на корректность оценки общей межгодовой динамики производительности промысла. Согласно базе данных среднее количество ловушек в одном порядке во время рейсов, на которых присутствовали наблюдатели, составило 30–41 шт. в 2016–2018 гг. В 2016 г. количество ловушек в порядке варьировало от 18 до 22 шт., а в 2018 г. в среднем составило 21 шт. (с учетом постановок одиночных ловушек). Кроме того, количество операций (постановок порядков) в период нахождения наблюдателей на борту судов заметно отличалось по данным наблюдателей от данных базы «Промысел», сформированной на основе судовых суточных донесений (ССД). Так, средняя производительность лова по данным ССД была выше на 40% в 2016, на 12% в 2017 г. и на 20% в 2018 г., чем по данным наблюдателей. Это несоответствие ставит под сомнение корректность использования величины улова камчатского краба на одну ловушку как показателя CPUE по крайней мере в ИЭЗ РФ Баренцева моря. Для того, чтобы убрать неопределенность фактора количество ловушек в порядке необходимо в качестве усилия принимать не подъем одной ловушки, а сутки лова одного судна. При этом стандартизация улова на судно-сутки лова и выбор факторов влияющих на динамику был проведен в соответствии с методом описанным выше. В финальную модель были включены те же факторы, что и при стандартизации улова на ловушку, за исключением количества ловушек в порядке. Сравнительный анализ динамики индексов CPUE, где в качестве усилия берется одна ловушка и одни сутки лова на одно судно, показал, что тренды в некоторые периоды промысла не совпадают (рис. 5).

Весьма сходная динамика индексов стандартизированных уловов на ловушку и на судно-сутки лова наблюдались в 2010–2014 гг. Противоположные тренды были отмечены для периодов 2014–2015 и 2016–2017 гг. Стоит отметить, что индекс улова

на ловушку в 2018 г. был максимальным за исследовательский период, тогда как индекс улова на судно-сутки лова в этот год был ниже, чем показатели 2014–2016 гг. Возможной причиной такой несогласованности индексов может быть ошибочная оценка индекса улова на ловушку в 2018 г. по причине некорректных сообщений о количестве ловушек и операций (порядков) в ССД. Однако, в соответствии с рисунком 2, нестандартизированные уловы на трапециевидную и прямоугольные ловушки в 2018 г. были на максимальном уровне. Кроме того, сравнение производительности отдельно по судам также показывает, что большинство работавших в период 2013–2018 гг. краболовов в 2018 г. показали максимальные средние уловы на ловушку при средней суточной производительности. Более вероятной причиной несоответствия величин двух индексов в 2018 г. может быть более высокая «гиперстабильность» стандартизированного улова на судно-сутки лова, по сравнению со стандартизированным уловом на ловушку. Насыщение или «гиперстабильность» CPUE обычно свойственна в ситуациях, когда промысловый флот достиг максимальной эффективности и CPUE больше не увеличивается. Запас продолжает расти, а затем может начаться и снижение его биомассы, которое в CPUE не будет отражаться даже после достижения уровня обилия, при котором прекратился рост CPUE вследствие накопления опыта капитанами, модернизации оборудования и прочих технологических факторов (Кулик, 2018; Hilborn, Walters, 1992). В случае с промыслом камчатского краба в ИЭЗ РФ Баренцева моря в 2016–2018 гг. по данным наблюдателей суточная производительность лова была часто ограничена возможностями фабрики по переработке краба и достигала 15–16 т готовой продукции, в то время как насыщенность ловушек камчатским крабом не достигала предельных значений. В соответствии с вышеизложенным, можно сделать вывод, что динамика CPUE, основанная на суточной производительности, в последние годы оказалась менее вариативной и в меньшей степени соответ-

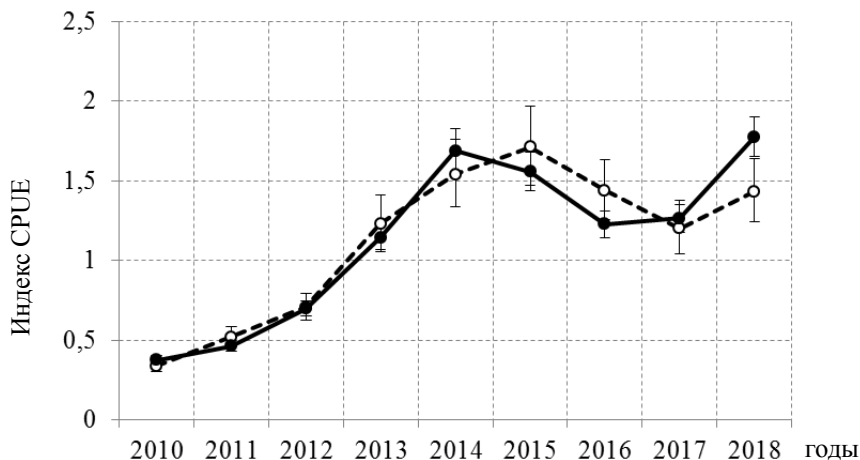


Рис. 5. Динамика индексов стандартизированных уловов на ловушку (сплошная линия) и на судо—сутки лова (пунктирная линия) камчатского краба в ИЭЗ РФ Баренцевом море в 2010—2018 гг. (планки погрешностей — стандартное отклонение).

ствовала динамике состояния запаса, нежели стандартизированный улов на ловушку. Таким образом, при анализе промысловой статистики и стандартизации уловов на усилии целесообразно всесторонне оценивать не только совокупность возможных факторов, влияющих на производительность, но и динамику CPUE, полученную разными типами усилий. Несмотря на неопределенности в базе данных, сформированной на основе ССД, для оценки состояния запаса в настоящее время необходимо использовать индекс производительности, полученный при стандартизации средних уловов на ловушку.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время межгодовая динамика производительности отечественного промысла камчатского краба баренцевоморской популяции в большей степени зависит от производственных факторов (судна, типа ловушки), нежели от факторов среды (района, глубины, температуры, солености, типа грунта, удаленности от берега). С увеличением временного ряда и географии промысла вероятно увеличение влияния таких предикторов как: район, глубина и удаленность от берега. Повышение значимости фактора температуры возможно при увеличении сезона промысла, тогда как в настоящее вре-

мя, с учетом коротких промысловых сезонов 2014—2018 гг., вклад его незначителен.

При анализе данных промысловой статистики необходимо учитывать данные наблюдателей для оценки корректности базы данных, сформированной на основе ССД. Производительность лова по базе данных ССД может превышать на 12—40% такую, полученную по данным наблюдателей. Это несоответствие связано с систематическими ошибками о количестве обработанных ловушек при подаче ССД.

Выяснено, что орудия лова, используемые на промысле камчатского краба в Баренцевом море, в настоящее время в меньшей степени испытывают насыщение, которое необходимо учитывать в стандартизации, в то время как суточный вылов может быть ограничен возможностями судовых фабрик по переработке краба.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бабаян В.К., Булгакова Т.И., Васильев Д.А. и др. Оценка запасов и ОДУ минтая в Охотском море с использованием данных ИС «Рыболовство» // Тр. ВНИРО. 2014. Т. 151. С. 3—17.

Баканев С.В. Оценка состояния запаса камчатского краба (*Paralithodes camtschaticus*) в российских водах Баренце-

- ва моря в 1994–2011 гг. // Тр. ВНИРО. 2014. Том 151. С. 27–35.
- Баканев С. В. Оценка запаса камчатского краба в Баренцевом море с использованием моделей истощения // Вопр. рыболовства. 2015. Т. 16. № 4. С. 465–476.
- Баканев С. В. Оценка правила регулирования промысла камчатского краба (*Paralithodes camtschaticus*) в российских водах Баренцева моря // Тр. ВНИРО. 2016. Т. 163. С. 25–35.
- Кулик В. В. Использование температуры поверхности океана при оценке запаса тихоокеанской сайры (*Cololabis saira*) в Комиссии по рыболовству в северной части Тихого океана // Процессы в геосредах. 2018. Т. 3. № 17. С. 76–77.
- 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.
- Bentley N., Kendrick T. H., Starr P. J., Breen P. A. Influence plots and metrics: tools for better understanding fisheries catch-per-unit-effort standardizations // ICES J. Marine Science. 2012. V. 69. P. 84–88.
- Bishop J. Standardizing fishery-dependent catch and effort data in complex fisheries with technology change // Reviews in Fish Biology and Fisheries. 2006. V. 16. P. 21–38.
- Harley S. J., Myers R. A., Dunn A. Is catch-per-unit-effort proportional to abundance? // Canadian J. of Fisheries and Aquatic Sciences. 2001. V. 58. P. 1760–1772.
- Hilborn R., Walters C. J. Quantitative Fisheries Stock Assessment: Choice, Dynamics and Uncertainty. New York: Chapman & Hall, 1992. 570 p.
- Maunder M. N., Punt A. E. Standardizing catch and effort data: a review of recent approaches // Fisheries Research. 2004. V. 70. № 2–3. P. 141–159.
- Maunder M. N., Sibert J. R., Fonteneau A., et al. Interpreting catch per unit effort data to assess the status of individual stocks and communities // ICES J. Marine Science. 2006. V. 63. P. 1373–1385.
- Venables W., Dichmont C. M. GLMs, GAMs and GLMMs: an overview of theory for applications in fisheries research // Fisheries Research. 2004. V. 70. P. 315–333.
- Ye Y., Dennis D. How reliable are the abundance indices derived from commercial catch–effort standardization? // Canadian J. of Fisheries and Aquatic Sciences. 2009. V. 66. P. 1169–1178.

STANDARDIZATION OF THE RED KING CRAB FISHERY EFFICIENCY IN THE RUSSIAN PART IN THE BARENTS SEA IN 2010–2018 USING GENERALIZED LINEAR MODEL

© 2019 y S. V. Bakanev

Polar branch of The Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography (PINRO Murmansk), 183038

A generalized linear model (GLM) was used to assess the factors affecting the red king crab fishery efficiency in the Russian EEZ in the Barents Sea in 2010–2018. It was found that the efficiency dynamics mostly depend on production factors (type of trap and vessel), rather than environmental factors (depth, temperature, salinity, bottom type, distance from the coast). Step-by-step inclusion of factors in the standardization model has shown that the annual fishery efficiency dynamics in addition to the year effect (40% of the explained variance) are mostly influenced by the following factors: vessel, trap type, number of traps in order, month (or week). It is possible that the temperature factor significance will be increased with an increase in the fishing season, whereas now, subject to the short fishing seasons in 2014–2018, its contribution is insignificant.

Key words: the red king crab, the Barents Sea, fishery production, generalized linear model, environmental factors