

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 639.273:594.582.2

**НОВЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ БИОМАССЫ КОМАНДОРСКОГО КАЛЬМАРА
*BERRYTEUTHIS MAGISTER***

© 2017 г. Д.О. Алексеев, Ф.В. Лищенко, К.К. Кивва

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства
и океанографии, Москва, 107140
E-mail: shellfish@vniro.ru

Представлен метод оценки биомассы командорского кальмара *Berryteuthis magister*, базирующийся на современном представлении о роли района северных Курильских островов в пространственно-функциональной структуре его ареала. На акватории района биомасса кальмара складывается из двух компонент — биомассы агрегированных скоплений кальмара и разреженной, «фоновой», биомассы. По данным учетных съемок и анализа промысловой статистики установлена зависимость биомассы кальмара в скоплениях от показателей уловов на усилие кальмароловного флота. Приведена методика расчета «фоновой» биомассы на основе оценок минимальных уровней плотности распределения кальмара и скорости его миграции. В качестве примера представлены оценки биомассы кальмара, мигрировавшего через Северо-Курильскую зону в период с 1 августа по 30 ноября в 2012 и 2015 гг. В первом случае суммарная биомасса кальмара составила 398944 т, во втором — 233677 т. Оценки биомассы кальмара, полученные таким методом, могут быть использованы при ретроспективном анализе уровня и структуры освоения ресурсов кальмара у Северных Курил.

Ключевые слова: *Berryteuthis magister*, миграции, течения, оценка биомассы, северные Курильские острова.

ВВЕДЕНИЕ

Командорский кальмар *Berryteuthis magister* (Berry, 1913) является важнейшим промысловым видом головоногих моллюсков в водах России. В настоящее время ежегодно добывается около 70–80 тыс. т этого вида. Основным районом промысла является тихоокеанская сторона северных Курильских островов, в меньших масштабах он добывается в Беринговом море, у Юго-Восточной Камчатки и у южных Курильских островов. В Японском море известны перспективные участки, хотя промысел там и не ведется (Алексеев и др., 2013; Katugin et al., 2013).

Уровень методов, применяемых при прогнозировании состояния запасов и возможного изъятия командорского кальмара, не соответствует важности этого объекта для отечественного промысла. Серьезной проблемой, до настоящего времени препятствующей качественному прогнозированию

состояния запасов кальмара, является сложность оценки его численности и биомассы в районе промысла с тихоокеанской стороны Курильских островов.

Выделение основополагающей единицы рыбопромыслового прогнозирования — единицы запаса — затруднено отсутствием единой концепции пространственной структуры ареала командорского кальмара. Это проявляется, например, в различиях выводов о характере и направлении миграций и о границах популяций командорского кальмара в работах разных авторов (Федорев, 2006; Алексеев, 2012; Katugin et al., 2013).

Качественная оценка численности и биомассы кальмара затруднена тем, что единственным удовлетворительно работающим орудием лова командорского кальмара является донный трал, возможности использования которого сильно ограничены. Если в Беринговом море характер грунтов

позволяет, с некоторыми ограничениями, выполнить учетную съемку командорского кальмара с применением донного трала (Промысловые аспекты ..., 1996), то у Курильских островов это невозможно из-за сложного рельефа дна.

К настоящему времени выработано два подхода к определению численности кальмара — получение моментальной оценки биомассы на ограниченных участках или определение биомассы кальмара, проходящего через тот или иной район за определенный период, косвенными методами. Именно такие косвенные методы оценки биомассы и применяются, чтобы хотя бы ретроспективно оценить изменения биомассы командорского кальмара у Курильских островов.

На основе результатов собственных исследований у северных Курильских островов с 2005 г. по настоящее время мы предлагаем новый метод, базирующийся на использовании данных промысловой статистики, но с учетом новых сведений о роли северных Курильских островов в пространственно-функциональной структуре ареалов командорского кальмара (Алексеев, Лищенко, 2015).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Настоящая работа основана на результатах исследований командорского кальмара, выполнявшихся научными наблюдателями ВНИРО Д.О. Алексеевым, Ф.В. Лищенко, А.В. Лищенко, С.И. Моисеевым, А.Н. Голубом и А.В. Митителло в районе северных Курильских островов. С 2005 по 2012 гг. работы проводились на среднетоннажном промысловом судне МФТ «Иоланта», оборудованном донным тралом со стандартным горизонтальным раскрытием 25 м и вертикальным раскрытием 8–12 (в среднем — 10) м. В 2014–2015 гг. работы выполняли на крупнотоннажных траулерах БАТМ «Байковск» и «Борисов» с использованием донных тралов с горизонтальным раскрытием 35 и 25 м и вертикальным раскрытием 10–14 и 8–12 м соответственно.

За этот период на основном участке ведения промысла кальмара с тихоокеанской стороны северных Курильских островов была выполнена серия оценок биомассы командорского кальмара на ограниченных участках как с отвлечением судна для выполнения контрольных тралений, так и в режиме промысла (табл. 1). Продолжительность учетных работ составляла 2–8 суток. В результате с 2005 по 2012 г. на МФТ «Иоланта» было получено 14 оценок биомассы кальмара. В 2014 и 2015 гг. было получено еще 4 оценки на крупнотоннажных судах. Оценки биомассы кальмара были получены с помощью программного обеспечения ГИС «Картмастер», версия 4.1 (Бизиков и др., 2007). Оценки были выполнены методом сплайн-аппроксимации с использованием следующих параметров: коэффициент влияния глубины — 100; коэффициент сглаживания — 1000; коэффициент уловистости трала — 0,5; горизонтальное раскрытие трала — 25–35 м.

Также в работе использовались данные статистики промысла командорского кальмара, представленные в отраслевой информационной системе ИС «Рыболовство» (ИС «Мониторинг»).

Оценку времени прохождения командорского кальмара через район промысла выполняли исходя из представления, что кальмар постоянно и однонаправленно мигрирует через район промысла в направлении преобладающих течений. Подобная картина наблюдается как в Беринговом море (Промысловые аспекты ..., 1996), так и у Курильских островов (Алексеев, 2006). Вероятно, для этого вида вообще характерно осуществление миграций с попутными течениями.

При выполнении оценок скоростей миграции кальмара для определения скорости течения вдоль восточного побережья Камчатки и северных Курильских островов использовали доступные литературные данные и массив данных скорости течений YoMaHa'07 (Lebedev et al., 2007). В указанном массиве собрана информация о дрейфе буёв Арго на поверхности океана и на горизонте «парковки» (чаще всего 1000 дбар),

Таблица 1. Оценки биомассы командорского кальмара на ограниченном участке в районе Четвертого Курильского пролива, полученные по результатам донных тралений промысловых судов в 2005–2015 гг. (пояснения в тексте)

Год	Дата проведения съемки (день, месяц)	Площадь акватории съемки, миль ²	Оценка запаса, т	Улов на 1 ч траления одного судна, т/ч	Улов/судо-сутки одного судна, т	Средний вылов всего флота, т/судо-сутки
2005	28.09–05.10	147	4826	1,66	13,00	—
2005	22.10–28.10	115	2884	1,22	10,08	—
2007	27.09–01.10	71	7543	1,99	12,21	—
2008	18.10–20.10	193	2933	0,80	8,83	—
2008	22.11–24.11	172	2138	0,54	3,67	—
2009	13.08–19.08	145	9920	2,40	20,29	30,92
2009	26.08–31.08	194	8138	1,58	17,80	26,25
2009	07.09–12.09	248	10903	1,57	17,00	21,70
2009	17.10–20.10	192	4722	0,98	6,00	18,02
2010	03.10–05.10	157	3480	0,80	12,00	16,65
2010	11.10–14.10	201	1033	0,21	1,93	9,13
2011	24.10–27.10	162	2154	0,52	7,474	13,09
2012	03.09–07.09	106	4986	1,83	25,86	22,53
2012	18.09–22.09	164	12168	2,97	27,24	19,55
2014	11.06–16.06	276	15601	8,53	58,84	34,74
2014	01.07–05.07	167	23134	4,94	17,69	41,00
2015	13.08–14.08	36	983	2,67	22,42	24,19
2015	15.08–17.08	111	2652	2,24	27,73	20,15

Примечание. « — » — данные не использовали.

который во многом определяется ветровыми течениями. Дрейф на 1000 дбар, напротив, определяется исключительно установившимися течениями (главным образом, геострофическим переносом вод) и в пределах струйных течений (таких как Курильское) в первом приближении соответствует дрейфу на 400 м.

Обработка массива производилась с использованием авторской программы. Программа рассчитывает среднюю за август–ноябрь меридиональную и широтную компоненты дрейфа для сферических трапеций («квадратов») $1^\circ \times 2^\circ$ по широте и долготе соответственно. Для каждого «квадрата» компоненты дрейфа осредняли в пределах

каждого года измерений (за период август–ноябрь), после чего вычисляли среднее за ряд лет. «Квадраты», для которых данные о дрейфе буёв имеются менее чем за три года, игнорировали. Такой подход позволил учесть данные всех лет с равным весом — независимо от того, сколько отдельных измерений было выполнено в каждый отдельный год.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящее время в промысловом прогнозировании командорского кальмара применяется метод траловых дорожек. Авторами этого метода было замечено, что при

ведении промысла только в светлое время суток и при наличии на промысле достаточно большого количества судов к вечеру происходит существенное снижение уловов кальмара, а в начале следующего дня уловы достигают уровня, сравнимого с началом предыдущего дня. По результатам таких наблюдений было сделано предположение о том, что днем изымается практически весь кальмар, находящийся на участке ведения промысла. Затем, ночью, численность кальмара на участке промысла восстанавливается за счет особей, мигрирующих из соседних районов. На основании такого предположения с применением несложного математического аппарата был предложен метод оценки биомассы кальмара, проходящего через район промысла (Планирование ..., 2005).

Безусловным достоинством такого метода является простота и возможность его применения при наличии минимального объема информации — данных промысловой статистики. В то же время метод имеет и ряд недостатков в системе допущений, на что указывали его авторы (Планирование ..., 2005): оценки, полученные на его основе, являются заниженными, так как этим методом никак не учитывается кальмар, проходящий через район обследования за пределами траловых дорожек. Также нельзя считать доказанным предположение, что суточная ритмика уловов кальмара является следствием его изъятия при промысле.

Еще одним слабым местом метода траловых дорожек является то, что авторы метода исходили из предположения, согласно которому кальмар мигрирует в район северных Курильских островов для нереста и концентрируется там (Федорец, 2006). Такая схема миграций предполагает перемещение командорского кальмара сначала от северных Курильских островов в южном направлении для нагула, а затем против Курильского течения обратно на нерест в тот же район. Однако за более чем десятилетний период наблюдений у северных Курильских островов и Восточной Камчатки мы не получили свидетельства миграций командорского кальмара против тече-

ния. Более того, наблюдаемая картина биологического состояния кальмара свидетельствует в пользу того, что этот район является для него транзитным (Алексеев, 2007; Лищенко, 2015; Лищенко Ф., Лищенко А., 2016). Если исходить из принятой нами схемы миграции кальмара вдоль Курильских островов (Алексеев, 2006, 2007, 2012), приходится признать ошибочным то, что при оценке методом траловых дорожек суммируются оценки биомассы кальмара у островов Симушир-Кетой и у островов Парамушир-Онекотан, что может привести к двойному учету кальмара и завышению итоговых оценок.

Для командорского кальмара характерна миграция вдоль тихоокеанской стороны Курильских островов группировками — «стадами» (Алексеев, 2007). Прохождение через район таких «стад» с повышенной концентрацией кальмара чередуется с периодами невысокой численности кальмара в районе наблюдений. Механизм формирования таких «стад» еще не полностью объяснен, но связан он, вероятно, с накоплением кальмара в районах мезомасштабных вихрей, возникающих по пути миграций кальмара. Достигая Северных Курил эти «стада» могут задерживаться в вихрях, часто возникающих в сложной системе течений в районе Четвертого Курильского пролива. Также формирование скоплений кальмара у островов Парамушир-Шиашкотан связано с миграциями кальмара из Охотского моря через глубоководные Курильские проливы. На основании таких представлений об особенностях распространения и миграций командорского кальмара и был разработан новый метод оценки его биомассы с использованием данных промысловой статистики, описываемый ниже и условно названный нами методом проходящих стад.

В результате работ, выполненных с 2005 по 2012 г., нами были получены оценки биомассы кальмара в периоды, соответствующие уловам разного уровня — от очень высоких до крайне низких (табл. 1). Это позволило оценить корреляцию основных показателей промысла (улов за час траления, средний улов за судосуток) с оценками био-

массы кальмара на участках, приблизительно совпадающих с районом промысла, полученными в те же периоды. Данные работ 2014–2015 гг. не использовали в связи с тем, что в этот период работы выполнялись на судах, отличающихся по размеру, мощности и характеристикам промыслового вооружения.

Наиболее корректным из стандартных и повсеместно используемых показате-

лей, характеризующих относительные изменения биомассы (плотности) объекта промысла, является величина улова за час траления. Поэтому в первую очередь мы сравнили оценки биомассы кальмара со средними уловами на час траления, наблюдавшимися в период выполнения учетных работ (рис. 1, а). Зависимость полученных оценок биомассы от наблюдаемых уловов на

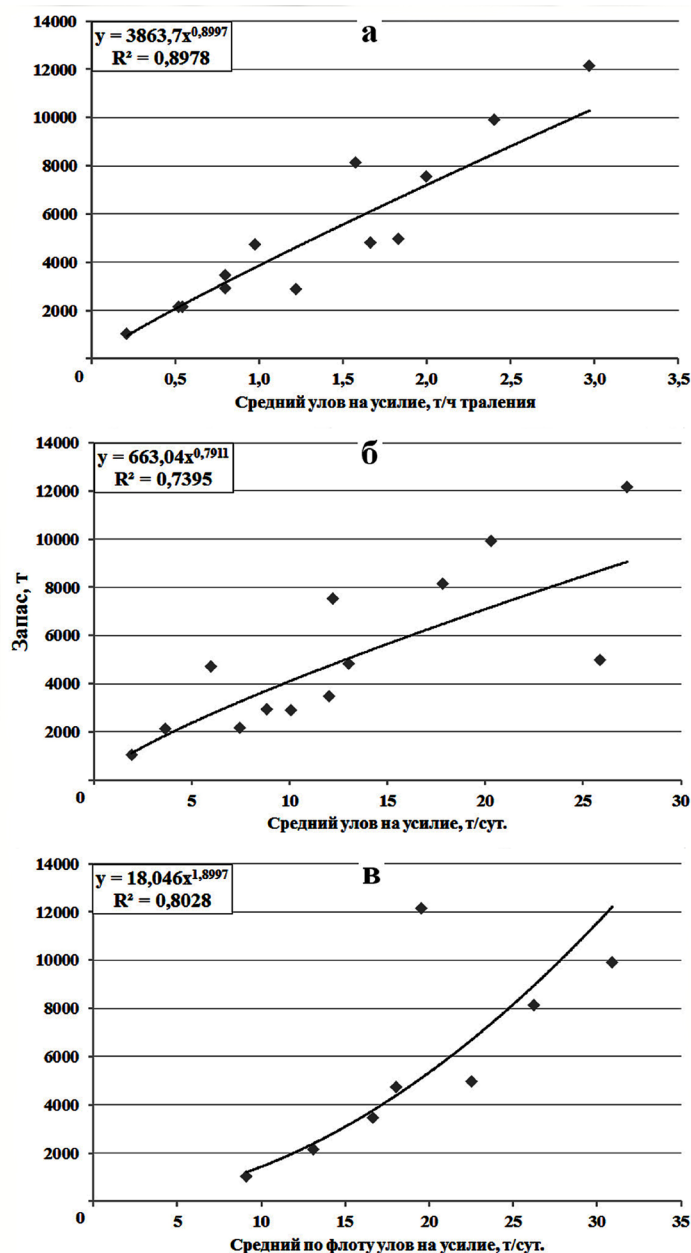


Рис 1. Зависимость оценок биомассы командорского кальмара в промысловых скоплениях в районе Четвертого Курильского пролива от средней величины улова за час траления (а), среднего улова за судо-сутки судна, выполнявшего съемку (б), и среднего улова за судо-сутки всех судов, осуществляющих промысел кальмара в районе Четвертого Курильского пролива в период выполнения съемок (в).

час траления хорошо описывается степенной функцией:

$y = 4027,7x^{0,9318}$, с коэффициентом достоверности аппроксимации $R^2 = 0,8567$. (1)

Поскольку такая характеристика, как улов на час траления, не представлена в системе промысловой статистики, мы оценили возможность использования и другого, более доступного показателя — улова за судо-сутки промысла, который может быть получен из суточных судовых донесений и отраслевой базы данных промысловой статистики. Зависимость оценок биомассы от средних уловов за сутки промысла МФТ «Иоланта», наблюдавшихся в периоды учетных работ (рис. 1, б), также описывается степенной функцией:

$y = 632,98x^{0,8276}$, с коэффициентом достоверности аппроксимации $R^2 = 0,731$. (2)

Более низкий уровень достоверности аппроксимации в данном случае может быть обусловлен разной продолжительностью промысловых операций в течение суток из-за аварийных тралений, поломок, отвлечения на непромысловые операции и т. п.

Последним шагом стал переход от анализа результатов работы одного судна с научным наблюдателем на борту к анализу результатов работы всего кальмароловного флота, за весь период выполнения учетных съемок (рис. 1, в). Зависимость определялась по меньшему числу учетных съемок, так как данные промысловой статистики за 2005–2008 гг., полученные в период становления информационной системы «Рыболовство», неполны (табл. 1). Зависимость оценок биомассы от средних по кальмароловной экспедиции уловов на сутки промысла описывается степенной функцией:

$y = 15,324x^{1,976}$, с коэффициентом достоверности аппроксимации $R^2 = 0,7779$. (3)

Вероятно, корреляция оценок биомассы кальмара с данными промысловой статистики, усредненными по группе судов, выше, чем для судна с научным наблюдателем, благодаря тому, что при осреднении данных статистики, получаемых с большого количества судов, сглаживается изменчивость суммарной продолжительности промысловых операций.

Примечательно, что на зависимости оценок запаса от средних уловов на усилие сравнительно слабо сказывались различия в площади съемок (табл. 1). Это объясняется тем, что район промысла командорского кальмара обычно более-менее соответствовал участку, занятому скоплением кальмара, на котором этот промысел базировался. Его границы определялись естественным образом при случайном выходе судов на периферию скопления кальмара, где происходило снижение уловов. Таким образом, практика промысла способствует распределению судов по акватории, занимаемой скоплением. При выполнении учетных работ в такие периоды во многих случаях удавалось оконтурить скопления, на которых осуществлялся промысел (рис. 2).

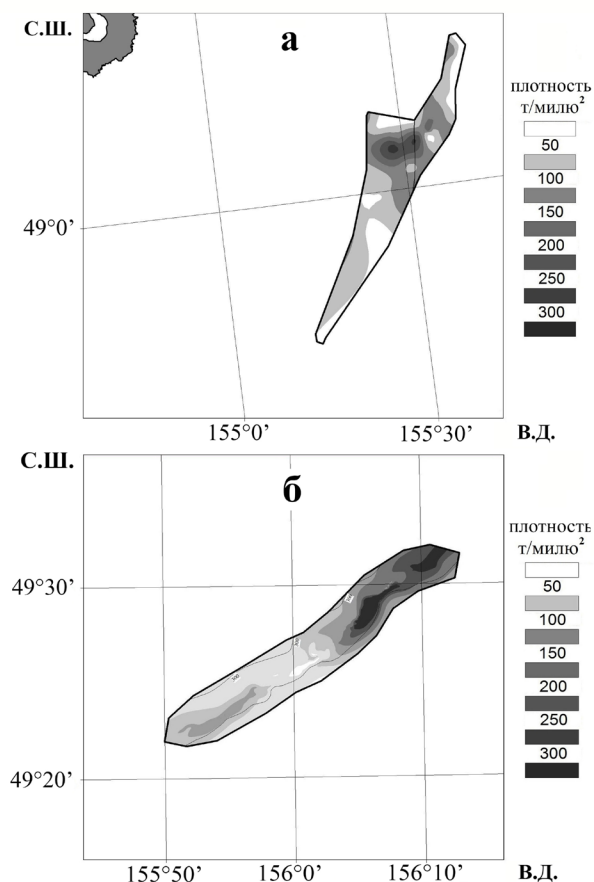


Рис. 2. Плотность распределения командорского кальмара в районе Четвертого Курильского пролива по данным учетных съемок на МФТ «Иоланта» 18–22 сентября 2012 г. (а) и на БАТМ «Борисов» 13–14 августа 2015 г. (б).

Оценки запаса, полученные в период прохождения «стад», достаточно достоверно отражали уровень биомассы кальмара в сформированных им скоплениях, в то время как оценки биомассы, полученные в периоды отсутствия выраженных скоплений, когда суда были широко распределены по району, отражали уровень биомассы кальмара, мигрирующего через район промысла в разреженном состоянии.

Оценка суммарной биомассы командорского кальмара, прошедшего через Северо-Курильскую зону за определенный период, должна складываться из суммы оценок биомассы кальмара в выраженных скоплениях, формируемых проходящими «стадами», и оценки биомассы кальмара, постоянно мигрирующего через район в рассеянном состоянии (или «фоновой» биомассы кальмара). Такая оценка может выражаться формулой:

$$B = (\sum_1^n b) + b_f, \quad (4)$$

где B — суммарная биомасса кальмара; $b_1, b_2 \dots b_n$ — биомасса кальмара в скоплениях, b_f — «фоновая» биомасса кальмара.

Для практического применения этой формулы необходимо определиться с тем, как рассчитать величину биомассы b_n каждого из n стад кальмара, формирующих скопления, и величину фоновой биомассы b_f .

Оценка биомассы кальмара в скоплениях. Анализ изменений суточного вылова командорского кальмара показывает их волнообразный, без правильной периодичности, характер. На рис. 3 показана динамика среднесуточного вылова командорского кальмара всем кальмароловным флотом в августе—ноябре 2012 и 2015 гг. Судя по наблюдаемой динамике промысла, продолжительность существования таких скоплений может составлять от 3—5 до 12—15 (в среднем — около 7) сут.

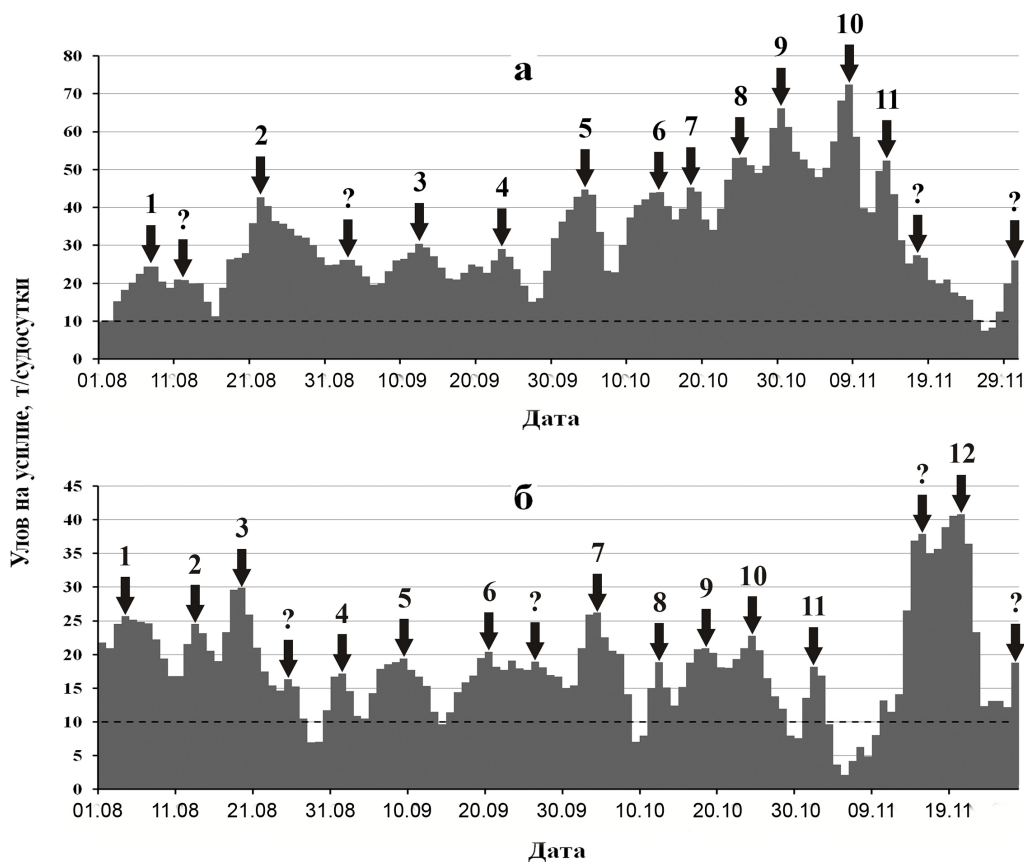


Рис. 3. Динамика уловов на судосутки промысла командорского кальмара в районе Четвертого Курильского пролива российским кальмароловным флотом с 1 августа по 30 ноября 2012 (а) и 2015 (б) гг. (↓ 1–12) — пики устойчивых повышений уловов, (↓ ?) — слабовыраженные пики, (-----) — «фоновый» уровень уловов.

Используя полученную зависимость биомассы кальмара в скоплении от наблюдаемых уловов на усилие, можно получить оценку биомассы в каждом из скоплений, проходящих через район наблюдений, а затем и суммарную оценку биомассы кальмара во всех «стадах», прошедших через район промысла за определенный период. Учитывая однонаправленный характер миграций, оценка, выполненная на одном участке в районе промысла, отражает и биомассу «стада», прошедших через всю зону.

Оценка «фоновой» биомассы. Как видно на рис. 4, кроме периодов повышения уловов, которые мы считаем проявлением прохождения «стада» кальмара через район промысла, наблюдаются и периоды спада промысловых показателей. Но и при этом уловы никогда не падают до нуля. Очевидно, что кроме агрегированных «стада» кальмара через район промысла мигрируют кальмары, не образующие плотных скоплений и обладающие биомассой, которая обеспечивает минимальный уровень среднесуточных уловов.

В среднем за годы наблюдений минимальный уровень среднесуточных уловов составлял около 10 т/судо-сутки. Как правило, он достаточно стабилен в течение одного сезона промысла. В отдельные годы (2010, 2015) уловы падали и до более низких

значений, но в среднем за период промысла минимальные уловы также были близки к этой величине. Поэтому в настоящей работе мы, понимая условность такой оценки, приняли 10 т за судо-сутки как величину, характеризующую «фоновый» уровень плотности распределения кальмара. Оценка плотности распределения кальмара вне промысловых скоплений была получена по данным шести съемок, выполненных с 2005 по 2011 гг. — в периоды, когда уловы отдельного судна составляли менее 10 т за судо-сутки (табл. 1).

Участки, на которых ведется промысел командорского кальмара, имеются от северной до южной границы Северо-Курильской зоны, а диапазон глубин, на которых кальмар регистрируется постоянно, не подвержен значительным изменениям и составляет приблизительно 200–600 м (рис. 4). Общая площадь дна в тихоокеанской подзоне Северо-Курильской зоны в данном диапазоне глубин составляет около 2696 миль². Величина моментальной «фоновой» биомассы кальмара в пределах этого участка равна произведению этой площади на плотность распределения кальмара вне скоплений, которая соответствует уровню уловов на усилие, равному 10 т за 1 сут. промысла. Такая «фоновая» плотность распределения составляет в среднем 22,45 т/милю². Тогда момен-

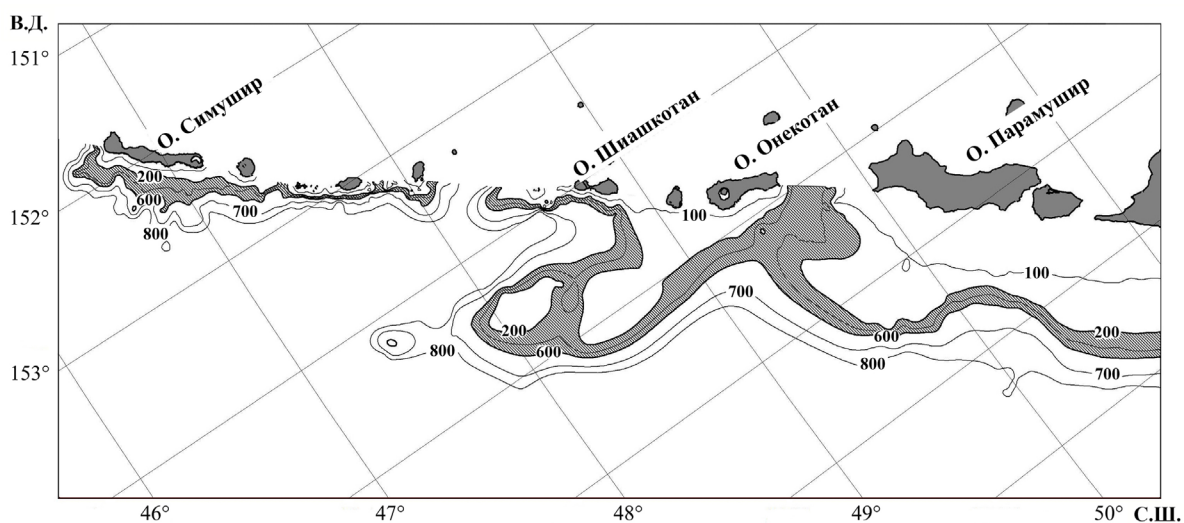


Рис. 4. Участок шельфового склона с тихоокеанской стороны северных Курильских островов, для которого выполняли оценку биомассы «фоновой» уровня командорского кальмара между изобатами 200 и 600 м (■).

тальная «фоновая» величина биомассы кальмара на акватории тихоокеанской подзоны Северо-Курильской зоны составит 60519 т.

Для расчета всей биомассы кальмара, проходящего через акваторию Северо-Курильской зоны за определенный период, необходимо знать, с какой скоростью происходит обновление «фоновой» биомассы. С этой целью была выполнена оценка возможных скоростей миграции командорского кальмара с Курильским течением.

Для горизонта 1000 м средние за ряд лет скорости течений в районе исследований составили примерно 5–12 см/с (рис. 5). Исходя из постепенного снижения скорости

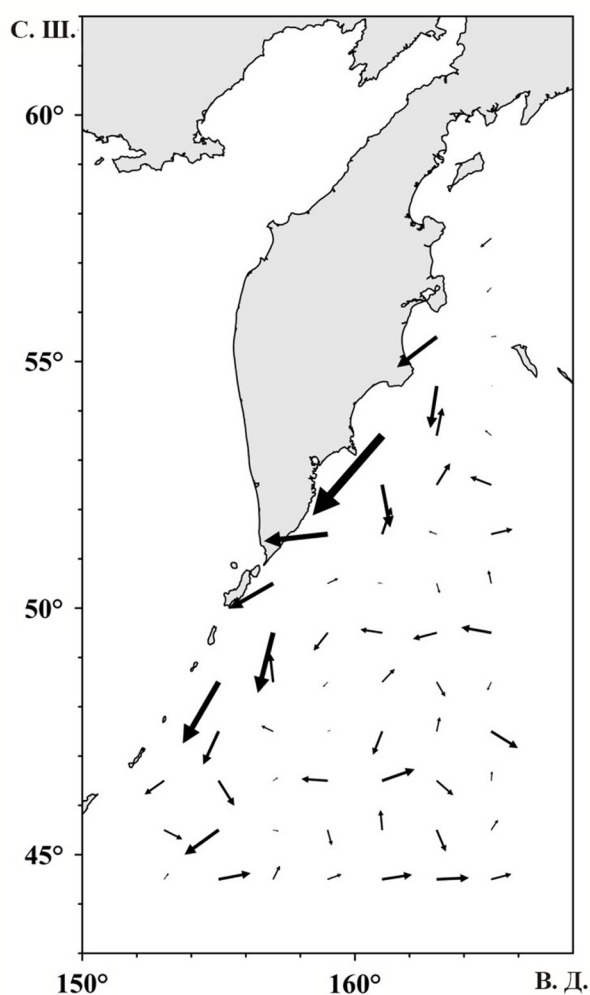


Рис. 5. Средние направления и скорости течения на горизонте 1000 м по данным буёв Арго; размер стрелки соответствует скорости течения, максимальная скорость — 11,1 см/с.

Восточно-Камчатского течения (ВКТ) с увеличением глубины можно предположить, что на горизонте 300–400 м кальмар мигрирует с Восточно-Камчатским течением со скоростью около 20 см/с.

Аналогичные оценки скоростей Восточно-Камчатского и Курильского течений приводятся в ряде публикаций. Для августа 2004 г. Жабин с коллегами (2010) приводят максимальную скорость геострофической составляющей ВКТ в Камчатском проливе 32 см/с. При этом на глубинах 300–400 м наблюдалось геострофическое течение со скоростями около 20 см/с (Жабин и др., 2010). Данные прямого измерения дрейфа буёв в системе Камчатского течения, выполненные американскими исследователями в 1986–1993 гг. (Stabeno, Reed, 1994), являются единственными опубликованными сведениями о прямых измерениях дрейфа в Камчатском течении. Подводный парус буёв располагался на горизонтах 40 или 100 м, что исключает влияние ветра на траекторию их движения и позволяет применить эти данные к горизонтам 300–400 м. Измерения показали, что на всем протяжении восточного побережья Камчатки течения весьма изменчивы и не прямолинейны. В пределах ВКТ наблюдались многочисленные меандры и завихрения. В частности, в районах заливов Камчатский, Кроноцкий и Авачинский регулярно наблюдались устойчивые вихри. В результате дрейф от Командорских до северных Курильских островов занимал примерно от одного до трех месяцев в зависимости от ситуации, что соответствует приведенным выше оценкам продолжительности дрейфа, рассчитанным нами.

Приведенные данные удовлетворительно согласуются с оценкой скорости миграции командорского кальмара на участке от Юго-Восточной Камчатки до Четвертого Курильского пролива, выполненной на основании наблюдений за изменениями состава уловов кальмара у северных Курильских островов и Восточной Камчатки (Алексеев, 2007). При условии миграции кальмара со средней скоростью 20 см/с средние сроки

миграции командорского кальмара от Камчатского пролива до мыса Лопатка составляют примерно 45 сут., а от мыса Лопатка до пролива Буссоль (т. е. в пределах Северо-Курильской зоны) — 37 сут.

Соответственно, оценка «фоновой» биомассы в Тихоокеанской подзоне Северо-Курильской зоны за определенный период времени будет равняться произведению оценки моментальной «фоновой» биомассы на частное от деления продолжительности периода наблюдения на ожидаемое время миграции кальмаров через всю зону (37 сут.). Механизм расчета «фоновой» биомассы может быть представлен в виде формулы:

$$b_f = b_{fm} \times \frac{T}{t}, \quad (5)$$

где b_{fm} — моментальная «фоновая» биомасса (60519 т), T — продолжительность периода наблюдения, t — ожидаемое время миграции кальмара через Северо-Курильскую зону.

Для демонстрации применения предлагаемого нами метода мы приводим оценки биомассы кальмара, полученные по результатам анализа данных статистики промысла командорского кальмара в районе Четвертого Курильского пролива с 1 августа по 30 ноября 2012 и 2015 гг. (рис. 4).

Первым шагом стал анализ ряда данных промысловой статистики на предмет определения периодов повышения уловов, соответствующих прохождению «стад» кальмара. Для исключения случаев повышения уловов, не связанных с возникновением скоплений, мы предлагаем формальную процедуру определения пиков, объективно отражающих возникновение скоплений кальмара. Были применены следующие ограничения при выборе таких пиков.

1) Пик на диаграмме должен характеризоваться наличием не менее чем трехсуточного периода последовательного роста уловов и заканчиваться не менее чем трехсуточным периодом последовательного снижения уловов;

2) исходя из первого условия продолжительность существования скопления не может составлять менее 5 сут.;

3) продолжительность существования скопления, сформированного одним «стадом», не должна превышать 15 сут., что подтверждается как литературными данными (Федоренко, 2006), так и многолетними наблюдениями;

4) в периоды высоких уловов продолжительностью более 15 сут. скопления должны рассматриваться как сформированные двумя или более «стадами» кальмара.

Описанный метод выбора «значимых» пиков является одним из множества возможных. Он представляется нам достаточно логичным и позволяющим минимизировать субъективный фактор в анализе рядов данных статистики. Вместе с тем, вероятно, в процессе его применения на практике он будет совершенствоваться и претерпит определенные изменения.

В результате отбора по перечисленным критериям за рассматриваемый период 2012 и 2015 гг. было отобрано 11 и 12 пиков, соответствующих прохождению «стад» кальмара через район. Несколько периодов повышения уловов, не удовлетворивших всем критериям отбора, помечены на рис. 4 вопросительным знаком и в расчетах не учитывались.

Для периодов повышения уловов, признанных значимыми и соответствующими подходу новых «стад» кальмара, значение уловов на судо-сутки было определено как среднее значение за 3 сут. — день достижения максимальных уловов на усилие — и в предшествующий, и в последующий дни. При расчетах по формуле (3) значение уловов на усилие уменьшалось на 10 т/сут. (на величину, принятую в качестве индекса «фоновое» уровня численности кальмара, который не зависит от прохождения «стад» кальмара). Полученные оценки биомассы кальмара в «стадах», соответствующих выделенным пикам, приведены в табл. 2.

Как было показано выше, моментальная «фоновая» биомасса кальмара может составлять около 60519 т. Тогда по формуле (5) «фоновая» биомасса кальмара, мигрировавшего через Северо-Курильскую зону с 1 августа по 30 ноября может быть оценена в 199549 т.

Таблица 2. Оценки биомассы командорского кальмара в «стадах», формировавших скопления в Северо-Курильской зоне в периоды с 1 августа по 30 ноября 2012 и 2015 гг.

Год	Номер пика	Средний улов, т/судо-сутки	Оценка биомассы кальмара в скоплении, т	Год	Номер пика	Средний улов, т/судо-сутки	Оценка биомассы кальмара в скоплении, т
2012	1	23	2467	2015	1	25	3284
	2	40	12443		2	23	2472
	3	29	5323		3	28	4876
	4	27	4327		4	16	554
	5	44	16003		5	19	1094
	6	43	15413		6	19	1267
	7	43	15412		7	25	3197
	8	51	23836		8	16	590
	9	63	38942		9	20	1493
	10	66	44360		10	21	1904
	11	49	20863		11	16	562
	—	—	—		12	40	12830
Всего	—	199395	Всего	—	34128		

Суммируя полученные оценки «фоновой» биомассы и биомассы кальмара в «стадах», мы получаем оценки общей биомассы кальмара, прошедшего через Северо-Курильскую зону с тихоокеанской стороны Курильских островов с 1 августа по 30 ноября: 398944 т в 2012 г. и 233677 т — в 2015 г.

Важно отметить, что оценки биомассы «фона» и проходящих «стад» не равноценны для определения возможного изъятия. Плотность фонового распределения кальмара слишком низка для эффективного ведения промысла. Промысел базируется на скоплениях, образуемых проходящими стадами кальмара, несмотря на то что их масштабы, локализация и продолжительность существования подвержены значительным изменениям. Некоторая доля «фоновой» биомассы неизбежно осваивается как в период отсутствия в районе промысла плотных скоплений, так и в процессе прохождения «стада», однако именно скопления обеспечивают основную долю вылова. Поэтому для определения возможного изъятия логично использовать толь-

ко биомассу проходящих «стад». Учитывая, что даже в годы высокой численности кальмара «фоновая» биомасса составляет около 50% суммарной биомассы, кальмары, агрегированные в стада, могут осваиваться промыслом без ограничений. В таком случае «фоновая» биомасса будет играть роль буфера, гарантирующего сохранение запаса.

Также интересно сравнить полученные нами оценки биомассы командорского кальмара в Северо-Курильской зоне с полученными ранее результатами на основе применения метода траловых дорожек. По оценкам, выполненным этим методом, в 2012 и 2015 гг. биомасса составила 195 и 241 тыс. т соответственно (Глубоковский и др., 2012; Байталюк и др., 2015). При этом рассчитанная оценка общего допустимого улова в первом случае составляет 70 тыс. т, а во втором — 85 тыс. т. Сопоставление этих оценок с обстановкой на промысле и с результатами съемок, проведенных в эти годы (табл. 1), показывает, что, вероятно, в 2012 г. запас был переоценен, а в 2015 г. — недооценен.

Подобные погрешности в оценках могут быть связаны с ограничениями применения метода траловых дорожек, указанными ранее. Оценки, полученные представленным нами методом, значительно лучше согласуются с данными промысловой статистики.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение следует обсудить преимущества и ограничения предлагаемого метода. Предлагаемый алгоритм расчета биомассы кальмара достаточно прост и его применение не требует особой квалификации исследователя. Для расчетов необходимы только данные промысловой статистики, позволяющие получить оценку среднего значения улова на судосутки промысла для одного судна. Поскольку промысел в настоящее время ведется в основном судами со сравнимыми промысловыми показателями, можно использовать показатели абстрактного среднестатистического судна. В случае принципиальных изменений в составе или оснащении добывающего флота потребуется доработка и совершенствование предлагаемого нами метода. При этом базовая идеология расчетов останется неизменной.

Безусловным требованием к первичным расчетным данным является достоверность промысловой статистики. Определенная ошибка содержится в любых статистических данных, и оценка ее величины требует глубокого анализа всей системы представления и обработки статистических данных. В отношении последних лет промысла отраслевая информационная система «Рыболовство» достаточно полна. Поскольку командорский кальмар не является объектом повышенного спроса, а предлагаемые к освоению объемы заметно превышают фактическое освоение, можно считать, что намеренное искажение отчетности по промыслу командорского кальмара незначительно и не может существенно сказываться на объективности получаемых нами оценок. В связи с этим данные, представленные в информационной системе «Рыболовство», можно признать удовлетворительными.

Гораздо более важным вопросом является четкое понимание того, что же собственно показывает получаемая оценка биомассы.

Скопления командорского кальмара у Северных Курил формируются особыми двумя суперпопуляциями — берингоморской и охотоморской (Алексеев, 2007, 2012; Katugin et al., 2013). При этом тихоокеанская сторона Курильских островов является периферией ареала каждой из популяций и не относится к их репродуктивной области. Площадь рассматриваемого района несравнимо мала по сравнению с предполагаемой площадью ареала каждой из популяций, формирующих население командорского кальмара в Северо-Курильской зоне. Вероятно, численность населения каждой из популяций также многократно превышает численность кальмара у северных Курильских островов. В любом случае определить, какую долю от общей биомассы популяции составляют кальмары, биомасса которых может быть оценена в Северо-Курильской зоне, на данный момент не представляется возможным. Соответственно, получаемые оценки не могут помочь в оценке биомассы популяций, питающих скопления с океанской стороны северных Курильских островов. При этом если признать, что район северных Курильских островов является зоной выселения ареалов берингоморской и охотоморской популяций командорского кальмара (Алексеев, 2012), ее население не играет существенной роли в воспроизводстве популяций. Поэтому эта оценка не важна с точки зрения определения возможного пополнения популяций.

Наконец, учитывая моноцикличность и очень небольшую продолжительность жизни командорского кальмара (Несис, 1982; Елизаров, 1996; Arkhipkin et al., 1996; Lishchenko et al., 2016), за то время, пока происходит сбор, накопление, передача и анализ информации, необходимой для оценки биомассы командорского кальмара Северо-Курильской зоны, эти кальмары давно покидают район оценки и в большинстве случаев уже погибают. Фактически получаемые оценки биомассы

кальмара у северных Курильских островов позволяют получить представление о том, какое количество кальмара мигрировало через район наблюдений за определенный период. Такие особенности полученных данных определяют и сферу их применения.

ВЫВОДЫ

Очевидно, что данные, полученные методом проходящих стад, нельзя использовать для оценки репродуктивного потенциала или возможного пополнения популяций, во-первых, потому, что мы пока не можем дифференцировать вклад в население командорского кальмара у северных Курильских островов различных популяций; во-вторых, невозможно оценить и то, какую долю от общей численности и биомассы своих популяций составляют кальмары, попадающие к северным Курильским островам. Также следует помнить о том, что при существующей громоздкой и инерционной практике рыбопромышленного прогнозирования к моменту применения полученных данных на практике (в прогнозе) заведомо погибнет не только поколение кальмаров, сформировавшее рассматриваемые уловы, но и их потомство. С учетом высокой вероятности резких колебаний численности таких короткоцикловых видов становится понятна весьма ограниченная ценность полученных оценок в прогнозировании численности и вылова кальмара.

Тем не менее получаемые методом проходящих стад данные могут быть полезны для ретроспективного анализа уровня, структуры и степени освоения ресурсов командорского кальмара у Северных Курил. Накопление ретроспективных оценок биомассы кальмара и ее межгодовой и межсезонной динамики может быть использовано для выявления зависимостей численности и распределения кальмара от различных абiotических связей, возможной цикличности динамики численности. Это позволит осуществлять определение и прогнозирование трендов изменения общей численности кальмара в исследуемом районе.

БЛАГОДАРНОСТИ

Мы выражаем свою признательность В.А. Бизикову, А.И. Буяновскому и С.И. Моисееву за ценные консультации в процессе работы над рукописью. Мы глубоко признательны всем специалистам, принимавшим участие в сборе материалов, использованных в работе. Мы благодарим руководство и экипажи судов ПАО «Океанрыбфлот» и ЗАО «Камчатимпэкс» за сотрудничество и предоставленную возможность проведения исследований командорского кальмара северных Курильских островов и Юго-Восточной Камчатки на судах, принадлежащих компаниям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алексеев Д.О. Новые данные о биологии командорского кальмара *Berriteuthis magister* (Berry, 1913) у северных Курильских островов // Тез. докл. VII Всерос. конф. по промысловым беспозвоночным. М.: Изд-во ВНИРО, 2006. С. 199–203.

Алексеев Д.О. Роль района северных Курильских островов в функциональной структуре ареала популяций командорского кальмара *Berryteuthis magister* (Berry, 1913) // Тр. ВНИРО. 2007. Т. 147. Морские промысловые беспозвоночные и водоросли: биология и промысел. К 70-летию со дня рождения Бориса Георгиевича Иванова. С. 246–265.

Алексеев Д.О. О возможных подходах к эксплуатации запасов командорского кальмара *Berryteuthis magister* с учетом функциональной структуры ареалов его популяций // Матер. Всерос. науч. конф., посвященной 80-летию юбилею ФГУП «КамчатНИРО». Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2012. С. 249–257.

Алексеев Д.О., Бизиков В.А., Буяновский А.И. Современное состояние ресурсов беспозвоночных и перспективы их промысла // Матер. I Науч. шк. молодых ученых и специалистов по рыбному хозяйству и экологии «Актуальные вопросы ра-

ционального использования водных биологических ресурсов». М.: Изд-во ВНИРО, 2013. С. 51–77.

Алексеев Д.О., Лищенко Ф.В. О возможности использования данных промысловой статистики для определения запаса командорского кальмара // Матер. VIII Всерос. науч. конф. по промысловым беспозвоночным «Промысловые беспозвоночные». Калининград: Изд-во КГТУ, 2015. С. 173–176.

Байталюк А.А., Болдырев В.З., Солодовников С.А. и др. Состояние промысловых ресурсов. Прогноз общего вылова гидробионтов по Дальневосточному рыбохозяйственному бассейну на 2015 г. Владивосток: ТИНРО-Центр, 2015. 373 с.

Бизиков В.А., Гончаров С.М., Поляков А.В. Географическая информационная система «Картмастер» // Рыб. хоз-во. 2007. №1. С. 96–99.

Глубоковский М.К., Тарасюк С.Н., Зверькова Л.М. и др. Сырьевая база российского рыболовства в 2012 году: Районы российской юрисдикции. М.: Изд-во ВНИРО, 2012. 511 с.

Жабин И.А., Лобанов В.Б., Ватанабе С. и др. Водообмен между Беринговым морем и Тихим океаном через Камчатский пролив // Метеорология и гидрология. 2010. №3. С. 84–92.

Лищенко Ф.В. Состав скоплений и динамика биологического состояния командорского кальмара (*Berryteuthis magister*) в районе северных Курильских островов в весенне-летний период 2014 года // Тр. ВНИРО. 2015. Т. 154. С. 31–37.

Лищенко Ф.В., Лищенко А.В. Состав промысловых скоплений командорского кальмара *Berryteuthis magister* (Berry, 1913) в районе Северных Курильских островов и Юго-Восточной Камчатки в летне-осенний период 2015 года // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. 2016. №40. С. 57–60.

Несис К.Н. Краткий определитель головоногих моллюсков Мирового океана. М.: Лег. и пищ. пром-сть. 1982. 360 с.

Планирование, организация и обеспечение исследований рыбных ресурсов дальневосточных морей России и северо-западной части Тихого океана. Владивосток: ТИНРО-Центр, 2005. 231 с.

Промысловые аспекты биологии командорского кальмара и рыб склоновых сообществ в западной части Берингова моря: научные итоги Берингоморской экспедиции ВНИРО в 1993-1995 гг. по программе совместных российско-японских научных исследований командорского кальмара в Беринговом море (Биоресурсы морей России) / Под ред. А.А. Елизарова. М.: Изд-во ВНИРО, 1996. 164 с.

Федорец Ю.А. Командорский кальмар *Berryteuthis magister* (Berry, 1913) Берингова и Охотского морей (распределение, биология, промысел): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток: ТИНРО-Центр, 2006. 24 с.

Arkhipkin A.I., Bizikov V.A., Krylov V.V., Nesis K.N. Distribution, stock structure and growth of the squid *Berryteuthis magister* (Berry, 1913) (Cephalopoda, Gonatidae) during summer and fall in the Bering sea // Fish. Bull. 1996. V. 94. № 1. P. 1–30.

Katugin O.N., Shevtsov G.A., Zuev M.A. et al. *Berryteuthis magister* (Berry, 1913), schoolmaster gonate squid // Advances in squid biology, ecology and fisheries. II. Oegopsid Squids. N.Y.: Nova Sci. Publ., 2013. P. 1–48.

Lebedev K., Yoshinari H., Maximenko N.A., Hacker P.W. YoMaHa'07: Velocity data assessed from trajectories of Argo floats at parking level and at the sea surface // IPRC Technical Note. 2007. №. 4(2). 16 p.

Lishchenko F.V., Lishchenko A.V., Bizikov V.A., Zuev M.A. Population of the Schoolmaster squid (*Berryteuthis magister*) in the area of the Northern Kuril Islands: age and life cycle reconstruction // ICES ASC. 2016. (<http://www.ices.dk/sites/pub/ASCExtended2016/7.11.2016>)

Stabeno P.J., Reed R.K. Circulation in the Bering Sea basin observed by satellite-tracked drifters: 1986-1993 // J. Phys. Res. 1994. V. 24. P. 848–854.

**NEW METHOD OF SCHOOLMASTER SQUID
BERRYTEUTHIS MAGISTER BIOMASS ASSESSMENT**

© 2017 y. D.O. Alexeyev, F.V. Lischenko, K.K. Kivva

*Russian Federal Research Institute of Fisheries
and Oceanography, Moscow, 107140*

A new method of biomass assessment of schoolmaster squid *Berryteuthis magister*, based on a modern view on the role of the North Kuril Islands area in functional structure of its range presented. Squid biomass in this area consists of two components – the biomass in aggregations and rarefied, «background» biomass. Correlation of the biomass of squid in aggregations with catch per unit effort of commercial fleet determined on the base of surveys data and commercial statistics analysis. «Background biomass» assessed using the data of squid density outside aggregations, squid distribution area and squid biomass refresh rate in the area. Examples of biomass estimation of squid migrated through the North Kuril fishery zone in 2012 and 2015 presented.

Keywords: *Berryteuthis magister*, migrations, currents, biomass estimation, north Kuril Islands.