

**АСТРАХАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИ-
ЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра промышленного рыболовства

**МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
«ЛОВ ВЕРТИКАЛЬНЫМИ ПЕЛА-
ГИЧЕСКИМИ ЯРУСАМИ С ПРИ-
МЕНЕНИЕМ СВЕТА»**

**Направление подготовки 35.04.08
«Промышленное рыболовство»**

Магистерская программа «Управление рыболов-
ством и сырьевыми ресурсами»

Астрахань, 2014

Авторы: д.т.н. профессор кафедры промышленного рыболовства А.В. Мельников,
д.т.н. профессор кафедры промышленного рыболовства В.Н. Мельников.

Методические разработки рассмотрены и утверждены на заседании кафедры промышленного рыболовства 6 апреля 2014 г., протокол № 11.

Рецензент - к.т.н., доцент кафедры промышленного рыболовства Е.П. Новожилов.

ЛОВ ВЕРТИКАЛЬНЫМИ ПЕЛАГИЧЕСКИМИ ЯРУСАМИ С ПРИМЕНЕНИЕМ СВЕТА

Введение

Впервые вертикальные пелагические яруса с применением искусственного света для лова кальмара стали применять в Японии в 1951г., и к 1955г. лов приобрел все основные черты современного промысла. В дальнейшем совершенствование промысла шло в основном по пути увеличения размеров промысловых судов, совершенствования и увеличения мощности светового оборудования, применения новых средств механизации и автоматизации лова.

Основные требования к световому оборудованию для лова кальмаров впервые сформулировал И.И. Сидельников. Он отмечает, что привлекающие источники света должны иметь как можно большую зону действия с равномерным градиентом освещенности к судну не менее 0,1лк/ м. При лове кальмара в японском море и прибрежных районах эти источники должны создавать в поверхностных слоях воды освещенность порядка 100–500лк и до 800лк при лове глубоководных видов кальмара в открытых частях мирового океана. Если кальмар обитает в поверхностных слоях воды, то световое поле привлекающих источников должно быть как можно более широким, при лове глубоководных видов распространяться до больших глубин. Непосредственно у борта судна необходимо иметь равномерную теневую полосу на поверхности воды шириной около 1м вдоль всего периметра борта судна. Под судном световое поле должно создаваться только рассеянным светом надводных источников.

В работах А.И. Полутова, В.А. Терских, И.И. Сидельникова и других приведены примеры расчетов светового оборудования для лова кальмара и результаты экспериментального определения световых полей привлекающих и концентрирующих источников. Однако результаты расчетов и

экспериментальные данные не в полной мере соответствуют современным условиям промысла, методам расчета световых полей и требуют уточнения.

В этих же и других работах рассмотрены конструкции вертикальных пелагических ярусов и технология лова. Однако обоснованию показателей этих орудий лова и операций лова уделено недостаточно внимания. Практически не упоминается о селективности лова. Отсутствуют математические модели лова, оценка влияния хотя бы основных показателей на эффективность лова.

Соответственно, на решение этих задач были направлены исследования по анализу и совершенствованию способов лова вертикальными пелагическими ярусами.

1. Особенности поведения и распределения объекта лова

В литературе, перечисленной выше, имеются сведения о поведении и распределении кальмара в естественных условиях и в зоне действия источников света. Однако они не систематизированы с учетом особенностей количественной оценки селективности и производительности лова.

Рассмотрим основные особенности поведения и распределения кальмара в естественных условиях, а также на отдельных этапах лова вертикальными пелагическими ярусами.

В дневное время кальмары в основном располагаются на глубинах от 50 до 100м главным образом в пределах сумеречного светового режима на глубине обитания при освещенности 0,1–10лк. В ночное время они обычно поднимаются ближе к поверхности воды, где также остаются в скоплениях, иногда достаточно плотных. Одни виды кальмаров, например тихоокеанский, при этом располагается у самой поверхности, другие, которых называют глубоководными, чаще поднимаются до глубин 10–50м.

Размеры кальмаров зависят от их вида. Так, тихоокеанский кальмар имеет длину мантии до 50см, а общую длину до

70см. Однако в уловах чаще встречаются кальмары этого вида с длиной мантии 20–30см. Некоторые крупные виды кальмаров имеют длину мантии 30–50см и массу 400–800г. Облавливаемые скопления обычно включают кальмаров различного размера и массы, то есть скопления не являются одноразмерными.

Чаще всего облавливают локальные скопления кальмаров. Места таких скоплений ориентировочно определяют по результатам гидрологических наблюдений. С помощью гидроакустической аппаратуры в районе предполагаемого лова иногда можно обнаружить лишь достаточно плотные скопления кальмара. По этой причине для обнаружения кальмара промысловые суда располагаются на расстоянии нескольких километров друг от друга. С наступлением сумерек на судах включают световое оборудование и производят пробный лов. По результатам пробного лова определяют целесообразность лова в этом месте. В течение ночи иногда переходят из одного места лова в другой при плохой промысловой обстановке.

В ночное время локальные скопления кальмара в естественных условиях практически неподвижны, поэтому каждое промысловое судно облавливает лишь ту часть скопления, которое оказалось в световом поле привлекающих источников в момент их включения.

Многие виды кальмаров имеет положительную реакцию на свет искусственных источников. Однако степень и характер реакции зависят от вида, сезона лова и условий внешней среды.

Большое влияние на реакцию кальмара оказывает естественная освещенность, особенно лунный свет. При высокой естественной освещенности не только сокращаются размеры зоны действия светового поля, но и ухудшается положительная реакция кальмара на свет. Такое же влияние на искусственный свет оказывают неблагоприятные температура и соленость воды, волнение, течение.

Большинство авторов, по И.И. Сидельникову, считают, что положительная реакция кальмара на свет связана с пищевым рефлексом. С этим же фактором связано движение к

приманкам и захват приманок. Иногда отдельные особи кальмаров в погоне за объектом питания заходят на участки светового поля с освещенностью до 1000лк. Однако в световом поле надводных привлекающих источников они чувствуют себя комфортно и перемещаются в направлении источников света в основном при освещенности 100–500лк.

Установлено, что кальмар ловится (нападает на блестящие приманки), когда снасть входит в воду и выходит из воды у границы света и тени от борта судна при освещенности примерно 100–400лк.

В световом поле источников, например под судном, кальмар концентрируется при освещенности 0,1–10лк, соответствующей верхнему порогу сумеречного светового режима.

2. Селективность лова

При лове вертикальными пелагическими ярусами в основном наблюдается биофизическая, биомеханическая и механическая селективность (селективность при зацеплении кальмара крючком) при достаточно неоднородных по размерному составу скоплениях кальмара.

На первом этапе лова в момент включения привлекающих источников может наблюдаться частичный уход кальмара из светового поля. Селективное действие светового поля на этом этапе обычно проявляется слабо, так как промысловые скопления чаще состоят из кальмаров промысловых размеров, которые примерно одинаково реагируют на внезапное включение источников поля.

На втором этапе лова кальмар в зоне действия привлекающих к борту судна источников света перемещается к судну. Некоторое значение на этом этапе имеет селективное действие световых полей и биомеханическая селективность. Причиной селективного действия световых полей может быть связана с неодинаковой вероятностью перемещения кальмаров разного размера к судну, а биомеханическая селективность – с различной скоростью их перемещения. Ско-

рость перемещения кальмара в зону с большей освещенностью зависит от скорости перемещения кальмара и от скорости его адаптации к изменению интенсивности света. Биомеханическая селективность на этом этапе выше при большей скорости адаптации кальмара к свету. Некоторое влияние на биомеханическую селективность оказывает скорость течения, которое может препятствовать попаданию к судну кальмаров, особенно мелких. Практическое значение оба вида селективности имеют и достаточно широком диапазоне размерного состава облавливаемых скоплений. На селективность в некоторой степени влияет структура привлекающих световых полей. Большой градиент светового поля в направлении судна способствует снижению биофизической и биомеханической селективности лова.

Те же виды селективности наблюдаются на третьем этапе лова, когда кальмар переходит от бортов судна в теневую зону под судном. Влияние селективности световых полей в этом случае связано различным положением рыбы разного размера у бортов судна, которое определяет особенности перехода кальмара в теневую зону. Пути и время перехода зависит от интенсивности и структуры светового поля надводных источников у судна. Меньшая селективность и меньшие потери улова в этом случае наблюдаются при более однородной структуре поля. Однако большая однородность поля у бортов судна и под судном приводит к еще большей потере улова из-за неблагоприятных для кальмара в этом случае условий освещения под килем судна.

На четвертом этапе кальмар находится в теневой зоне под килем судна и имеет значение вероятность нападения блесну-приманку, которая зависит, кроме состояния кальмара, от распределения освещенности под килем. Селективность лова на этом этапе проявляется, если рыбы различных размеров здесь придерживаются различной освещенности, а от освещенности зависит вероятность нападения на приманку. С учетом этого селективность на этом этапе выражена сильнее при большей неоднородности светового поля под судном.

На пятом этапе кальмар нападает на блесну-приманку и частично улавливается. Кривая относительной селективности крючковой снасти напоминает кривую относительной уловистости сетей и близка кривой нормального распределения. Однако ее селективные свойства выражены слабее, чем у сетей, а кривая относительной уловистости шире.

Функция кривой селективности как кривой нормального распределения при нападении на блесну-приманку (далее при зацеплении крючком) имеет вид:

$$K(l) = \exp\left[-\frac{(l-l_0)^2}{0.37D_k^2}\right], \quad (1)$$

где l_0 – длина мантии кальмара, соответствующая максимуму кривой относительной уловистости; D_k – диапазон селективности, равный, как и для сетей, разнице в длине кальмаров, которых с одинаковой относительной вероятностью $p = 0,5$ захватывает крючок.

Введем понятие коэффициента селективности крючка, выразив его через отношение длины мантии кальмара l_0 и размер крючка b_k :

$$K_k = \frac{l_0}{b_k}. \quad (2)$$

Отношение размера блесны - приманки к длине мантии кальмара колеблется в основном от 0,2 до 0,3. С учетом этого коэффициент селективности крючка при лове кальмара лежит в пределах 3–5.

По аналогии с определением диапазона селективности сети, диапазон селективности крючковой снасти при лове кальмара:

$$D_k = k_D l_0, \quad (3)$$

где k_D – коэффициент пропорциональности, равный в нашем случае 0,6–0,7.

Как и следовало ожидать, диапазон селективности при лове кальмара значительно больше, чем для сетей.

Для кривых относительной уловистости крючка характерна асимметрия и эксцесс. Асимметричность кривой связана, прежде всего, с зависимостью диапазона селективности от размера крючка и размера кальмара. Соответственно в уточненных расчетах необходимо отдельно строить правую и левую половину кривой относительной уловистости. Так как диапазон селективности для крючков больше диапазона селективности сетей, то и асимметричность кривой для крючка больше асимметричности кривой сети. Еще больше асимметричность крючка связана с особенностями захвата кальмара крючком – вероятность захвата кальмара большего размера выше, чем мелкого кальмара.

Зная коэффициент и диапазон селективности для различного размера крючка можно построить семейство кривых относительной уловистости для различного размера крючка.

Можно также построить результирующую кривую относительной уловистости для крючков нескольких размеров и подобрать набор крючков различного размера, который обеспечит практически неселективный лов кальмара. Кривые относительной уловистости крючков соседних размеров при этом должны пересекаться примерно при $K(l) = 0,5$. Зная кривые относительной уловистости для крючков различного размера, можно также подобрать набор снастей с различным размером крючков, чтобы вылавливать кальмара разной длины в некотором произвольном соотношении.

Селективные свойства крючков для лова кальмара зависят не только от их размера собственно крючков, но и их формы, количества крючков в венце и количества венцов. К сожалению, эти показатели обычно рассматривают с учетом общей вероятности захвата крючком, а не с учетом влияния на селективные свойства.

Все виды биофизической, а иногда и биомеханической селективности на различных этапах лова вертикальными пе-

логическими ярусами сложно оценить количественно. Их оценка, а также совместная оценка обоих видов селективности иногда возможна в основном с применением полуэмпирических зависимостей. Как и при лове бортовыми подхватами, в этом случае скорость перемещения в световом поле выражают через скорость адаптации рыбы к свету и показатели плавательной способности рыб. Влияние течения на биомеханическую селективность в таких выражениях учитывают, вводя в соответствующие выражения отношение скорости кальмара разного размера или вида к скорости течения.

Анализируя селективность лова вертикальными пелагическими ярусами в целом можно сделать вывод, что основное влияние на селективность лова оказывают селективные свойства крючков.

Если известна функция кривой относительной уловистости крючка и размерный состав кальмара, то с применением основных уравнений селективности крючковых орудий лова можно решать задачи анализа и оптимизации селективности лова вертикальными пелагическими ярусами. Основные уравнения селективности крючковых орудий по внешнему виду напоминают основные уравнения для обьечаивающих орудий лова. Однако в них, вместо функции кривой относительной уловистости сетей вводят функцию относительной уловистости крючков.

$$Y_0 = \int_0^{\infty} g(l)K(l)dl ; \quad (4)$$

$$Y_{II} = \int_{l_{III}}^{\infty} g(l)K(l)dl ; \quad (5)$$

$$Y_{II} = \int_{l_{III}}^{\infty} g(l)K(l)dl ; \quad (6)$$

$$Y_{II} = \int_{l_{HII}}^{\infty} g(l)K(l)dl ; \quad (7)$$

$$Y_{II} = \int_{l_{HII}}^{\infty} g(l)K(l)dl ; \quad (8)$$

$$n_{II} = 1 - \frac{Y_{II}}{N_{II}} = 1 - \frac{Y_0 - Y_{HII}}{1 - N_{HII}} = 1 - \frac{\int_{l_{HII}}^{\infty} g(l)K(l)dl}{\int_{l_{HII}}^{\infty} g(l)dl} ; \quad (9)$$

$$n_{\Gamma} = \alpha_{\Gamma} \left(1 - \int_0^{\infty} g(l)K(l)dl \right), \quad (10)$$

где Y_0 , Y_{II} и Y_{HII} – соответственно общий улов, улов кальмаров промысловых размеров и число кальмаров непромысловых размеров в улове в относительных единицах; n_{HII} – прилов кальмаров непромысловых размеров; n_{II} – относительная величина схода с крючка кальмаров промысловых размеров; n_{Γ} – доля погибающих кальмаров из числа подошедших к крючку; N_{II} – доля рыб промысловых размеров из числа напавших на блесну-приманку; $g(l)$ – функция плотности распределения размерного состава кальмаров, напавших на блесну-приманку; l – промысловая мера на кальмара; α_{Γ} – доля погибающего кальмара от числа сошедших с крючка.

Уравнения увязывают между собой регламентирующие селективность лова показатели – промысловую меру на кальмара, допустимый прилов кальмара непромысловых размеров, размер крючков, относительную вероятность схода с крючка кальмаров промысловых размеров, долю погибающих рыб после схода с крючка, с размерным составом облав-

ливаемых скоплений и кривой относительной уловистости крючка. Уравнения не содержат допущений, и их точность зависит лишь от точности задания функций размерного состава облавливаемых скоплений и кривой относительной уловистости. Уравнения служат как для оценки прилова кальмара промысловых размеров, схода с крючка рыб промысловых размеров и погибающих кальмаров после схода с крючка, так и для обоснования размера крючка, который обеспечит допустимый прилов кальмаров промысловых размеров и уход кальмара промысловых размеров.

3. Математические модели производительности лова

Для разработки обобщенной математической модели производительности лова разделим процесс лова на несколько этапов: включение привлекающих источников; перемещение рыбы в световом поле привлекающих источников к борту судна; перемещение кальмара от борта судна в теньевую зону под судном; перераспределение кальмара под судном; результат нападения на блесну-приманку.

С учетом перечисленных этапов улов за цикл лова вертикальными пелагическими ярусами:

$$Q = \rho(1 - p_1)(1 - p_2)(1 - p_3)(1 - p_4)(1 - p_5)V_{СК}, \quad (11)$$

где ρ – концентрация кальмара в объеме скопления $V_{СК}$ в пределах зоны действия привлекающих источников; p_1 – вероятность ухода кальмара из зоны действия привлекающих источников в момент их включения; p_2 – вероятность ухода кальмара из зоны действия привлекающих источников при его перемещении к борту судна; p_3 – вероятность того, что кальмар у рабочего борта не попадет в теньевую зону под судном; p_4 – вероятность того, что кальмар не нападет на приманку из-за особенностей его распределения под килем

судна; p_5 – вероятность неудачного захвата блесны-приманки.

Если считать условно, что концентрация кальмара ρ равна 1, то выражение для относительной производительности лова имеет вид:

$$Q_0 = (1 - p_1)(1 - p_2)(1 - p_3)(1 - p_4)(1 - p_5)V_{СК}. \quad (12)$$

Объем скопления в зоне действия привлекающих источников зависит от размеров и формы зоны по одну сторону или обе стороны от бортов судна, глубины расположения и высоты скопления. При оценке объема все привлекающие источники на судне можно заменить эквивалентным точечным источником, мощность которого равна сумме мощностей всех источников. Высоту подвеса эквивалентного источника определяют с учетом высоты подвеса и мощности реальных источников. Зону действия точечного источника в пределах скопления, как и при лове бортовыми подхватами, можно аппроксимировать конусом. Если кальмара ловят с одного борта, то обловленный объем скопления определяют по формуле для половины зоны облова. Когда кальмара ловят с двух бортов, то значение объема удваивают.

Вероятность ухода кальмара из зоны действия привлекающих источников в момент их включения зависит в основном от первоначального распределения кальмара в этой зоне, интенсивности действия поля в отдельных его точках, скорости нарастания интенсивности действия света на объект лова, устойчивости положительной реакции кальмара на свет.

Вероятность ухода кальмара из зоны действия привлекающих источников выше, если их большая часть располагается на границе зоны. Для снижения вероятности при неравномерном распределении кальмара и ограниченных размерах скопления судно необходимо располагать так, чтобы большая часть кальмара оказалась ближе к центральной части поля.

Вероятность ухода выше при незначительной интенсивности светового поля на границах зоны и при быстром нарастании светового потока в момент включения источни-

ков. Низкая освещенность на границах зоны светового поля в любом случае сокращает размеры зоны действия поля и вероятность ухода кальмара из зоны. Для снижения вероятности ухода полезно плавное включение источников света.

Устойчивость реакции кальмара на свет зависит не только от его физиологического состояния, но и от параметров поля, условий внешней среды. При хорошей положительной реакции кальмара на свет и благоприятных условиях рассматриваемая вероятность близка к 1, при средней и плохой она снижается.

Как видим, вероятность p_1 зависит от большого числа факторов. Из количественных факторов ни один не оказывает на эту вероятность преобладающего влияния. С учетом этого пока сложно записать для p_1 количественную зависимость.

Вероятность p_2 зависит от тех же факторов, что и вероятность p_1 , а, кроме того, от градиента интенсивности светового поля в направлении судна. Скорость течения, которая влияет на рассматриваемую вероятность при лове мелких рыб, при лове кальмара не имеет особого значения. Для вероятности p_2 также сложно дать количественное описание.

Качественное описание влияния различных факторов на вероятности p_3 и p_4 дано в п. 2 при анализе селективности лова и для них также сложно дать количественное описание.

Таким образом, из всех вероятностей ухода рыбы из зоны действия светового поля и крючковой снасти наибольшее значение имеет последняя вероятность, которую можно оценить количественно. С учетом (4):

$$p_5 = 1 - Y_0 = 1 - \int_0^{\infty} g(l)K(l)dl. \quad (13)$$

Подставим в исходное выражение (11) вероятность p_5 и обловленный объем скопления при лове с одного борта:

$$Q_0 = [1 - \int_0^{\infty} g(l)K(l)dl] \frac{4X_C}{H_P^2} (\ln \frac{I}{E_{\Pi}} - 3) (\frac{5hI}{E_{\Pi}})^{2/3}. \quad (14)$$

Из формулы (14) для относительной производительности лова вертикальными пелагическими ярусами следует, что наибольшее влияние на производительность лова оказывают размеры зоны действия светового поля. Как показывают расчеты, размеры зоны облова можно в основном увеличить путем увеличения до определенного предела мощности и высоты подвеса привлекающих источников.

Большое влияние на производительность лова показывают также параметры ярусной снасти и технология лова. Особенности их определения рассмотрены в параграфе (5).

4. Особенности обоснования показателей светового оборудования

При выборе параметров и расположения световых устройств для лова кальмара учитывают важность получения больших размеров зоны привлечения, предварительной концентрации их у борта судна, создания благоприятных условий для накапливания кальмара в теневом кармане под судном и обнаружения им приманки.

Размеры зоны привлечения кальмара по горизонтали и вертикали находят так же, как для привлекающих источников при лове бортовыми подхватами. Рассматривая рис. 3.1, где приведены данные, соответствующие лову кальмара вертикальными пелагическими ярусами, нетрудно сделать вывод, что при высоте расположения источников 7–8 м и более мощность источников света можно повышать до 100–200 кВт. Это позволяет довести размеры зоны привлечения по горизонтали до 300–400 м при глубине расположения кальмара в естественных условиях $H = 20$ м и до 150–200 м при $H = 30$ м.

В практике лова кальмара иногда суммарная мощность источников составляет 200–300 кВт. Столь значительные мощности целесообразно использовать лишь при низкой

концентрации кальмара, а при высокой концентрации лов успешен при мощности источников 20–30кВт. Мощность источников света должна обеспечивать привлечение такого количества кальмара, какое соответствует пропускной способности орудия лова и технологического оборудования, работающего на судне.

Излучение источников при лове разреженных скопленных кальмара следует ограничивать углом рассеивания равным $2\arctg(X_{np}/h)$, который близок к 180° . Если судно становится на большой косяк кальмаров, обнаруженный в результате поиска эхолотами, то угол рассеивания принимают равным $100\text{--}150^\circ$.

Суммарную силу света источников I при этом ищут с учетом положения нижней границы косяка H в естественных условиях и в зоне действия искусственного света по формуле:

$$I = \frac{E}{\tau} \exp\left(\alpha \frac{H}{\cos \beta}\right) \left(\frac{H}{\cos \varphi} + \frac{h}{\cos \beta}\right)^2, \quad (15)$$

где τ – отношение яркости преломленного луча к яркости падающего луча (для углов падения $\varphi < 70^\circ$ величина τ примерно равна 0,9).

При $H > 40$ м значения силы света близки к найденным из условия образования зоны действия максимальных горизонтальных размеров (рис. 1).

Если источники света привлекают рыбу с большой акватории, то их располагают как можно выше в один ряд по диаметральной плоскости.

Если зона действия света имеет ограниченные по горизонтали размеры и ярусами работают с обоих бортов, то источники света лучше располагать в два ряда вдоль бортов.

Чтобы уточнить положение источников света на судне и снасти в воде, необходимо знать световое поле в зоне прямого света и в теневой зоне.

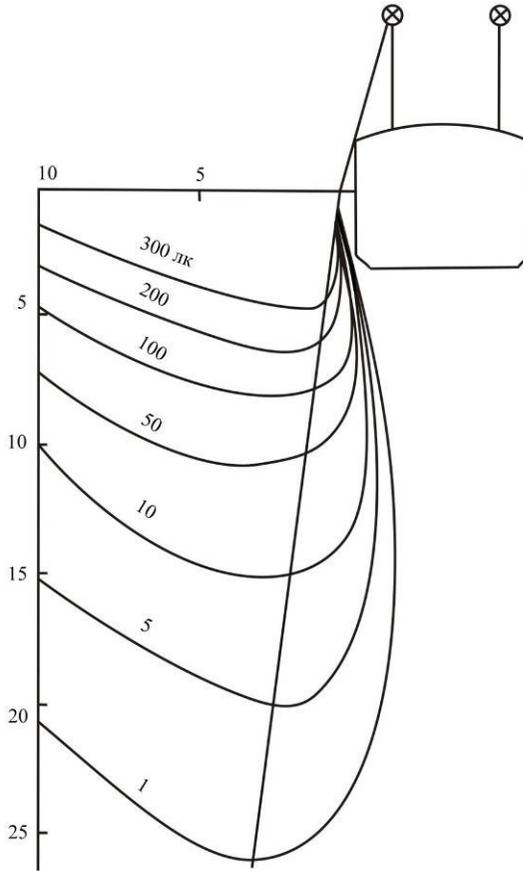


Рис. 1. Освещенность (в лк) у борта судна при лове вертикальными пелагическими ярусами. Мощность источников света в гирлянде 50 кВт, прозрачность воды по диску Секки 12 м.

В зоне прямого света световое поле рассчитывают обычными методами. При расположении источников в два ряда можно учитывать источники только «своего» борта. Наиболее точное решение получаем, если источники на каж-

дом борту аппроксимировать светящейся линией, длина которой равна расстоянию между крайними источниками. При приближенном решении все источники одного борта заменяют одним эквивалентным точечным источником, расположенным в середине гирлянды, и рассчитывают световое поле в вертикальной плоскости, проходящей через эквивалентный источник, перпендикулярный к диаметральной плоскости судна.

Освещенность находят по формуле, аналогичной формуле (15), а результаты расчетов распространяют на все плоскости, перпендикулярные к диаметральной плоскости, в пределах длины гирлянды. В теневой зоне расчет освещенности рассеянным светом затруднен, и картину светового поля здесь приближенно строят (рис. 1), продлив изолюксы, полученные в незатененной зоне с учетом экспериментальных данных А.И. Полутова и В.А. Терских.

Гирлянды размещают относительно борта судна так, чтобы у борта образовалась теневая зона шириной 1–2 м. Силу света гирлянд выбирают в направлениях, соответствующих углам падения лучей вблизи судна. Загрузку снасти принимают так, чтобы снасть располагалась на возможно большем участке между линиями освещенности 100 и 500 лк, когда кальмар наиболее активно захватывает крючки. Необходимо учитывать, что менее активно кальмар захватывает крючки до освещенности 1 лк, а иногда и ниже (до 10^{-2} лк).

Выносить источники на линию борта, а тем более за борт судна нежелательно, так как уменьшается или исчезает сумеречная зона с освещенностью менее 0,1–10 лк под судном, где собирается кальмар. К таким же результатам приводит чрезмерное завышение мощности светового оборудования, особенно при размещении световых гирлянд близко к борту.

На судах целесообразно устанавливать одну или две гирлянды на такой высоте, чтобы у борта судна образовалась теневая полоса шириной 1–1,5 м, а освещенной у борта за пределами теневой полосы должна составлять 100–400 лк.

Как показывают расчеты и практика лова (Сидельников, 1981), для выполнения этих условий на небольших судах шириной 5–6 м при высоте надводного борта 1–1,5 м можно устанавливать одну гирлянду в диаметральной плоскости судна на высоте 2,5–3 м. На более крупных судах шириной 7,5–9 м с высотой надводного борта 2–3,5 м необходимо устанавливать две гирлянды на высоте 5–8 м. Расстояние гирлянд от диаметральной плоскости несложно установить расчетным и экспериментальным путем учетом требований к размерам теневой полосы и освещенности у рабочего борта.

Гирлянды правого и левого борта целесообразно располагать симметрично диаметральной плоскости судна лишь при отсутствии дрейфа судна и течения, которые влияют на положение снасти.

В остальных случаях, чем дальше относится снасть от борта, тем ближе к диаметральной плоскости располагают гирлянду. Скорость дрейфа судна не должна превышать 0,2–0,3 м/с. В необходимых случаях для уменьшения дрейфа применяют плавучие якоря. Расчет основных параметров якорей приведен в работе И.И. Сидельникова.

Из условия максимальной светоотдачи желательно, чтобы мощность отдельных ламп накаливания была не менее 1–2 кВт. Других видов ламп это ограничение не касается.

Максимум относительной спектральной чувствительности глаза кальмара соответствует длине волны $\lambda = 485$ нм, а минимум ослабления света в достаточно прозрачных морских водах ($X_C = 10–15$ м) длина волны $\lambda = 500–520$ нм. Следовательно, оптимальным в рассматриваемом случае можно считать монохроматическое излучение с длиной волны $\lambda = 500–510$ нм. Достаточно близкое к нему излучение дают лампы типа ДРЛ и ДРИ с неисправленной цветностью. По данным А.И. Полутова, источники поляризованного излучения увеличивают добычу кальмара на 20%.

Кроме рассмотренных световых приборов для привлечения кальмаров с больших глубин применяют подводные светильники для привлечения кальмара с больших глубин за пределами зоны действия надводных источников. Мощность

таких источников не должна превышать 1–1,5кВт, так как дальнейшее увеличение мощности не приводит к существенному росту зоны действия источников. Световые приборы опускают с борта судна на глубину, где располагается кальмар в естественных условиях (обычно до глубин 40–50м). Источник света необходимо поднимать к поверхности воды со скоростью не более 0,2–0,3м/с, чтобы кальмары не отстали от светового поля источника.

5. Обоснование основных показателей вертикальных пелагических ярусов

Основными параметрами вертикальных пелагических ярусов являются длина яруса, его материал и толщина, количество ветвей яруса, характеристики блесен-приманок и крючков, расстояние между джиггерами.

Длина яруса, прежде всего, определяется длиной лидера и лесы. Лидер, верхняя часть яруса, на которой нет джиггеров, изготавливают из синтетической веревки или тонкого стального троса. Его длина должна 2–3м превышать глубину нижней границы скопления кальмаров под судном, чтобы все джиггеры при выборке яруса проходили через скопление кальмаров. Как показано выше, нижняя граница скопления кальмаров обычно располагается на глубине с освещенностью примерно равной 0,1лк. Соответственно длину лидера можно определить, например, по формуле (3.1), принимая в ней освещенность $E = 0.1$ лк.

Длина лидера, в основном, зависит от прозрачности воды, мощности и спектрального состава излучения источников надводного освещения. Обычно длина лидера не должна превышать 40–50м.

Лесу, на которой располагаются джиггеры, рекомендуется изготавливать из мононити диаметром 1–2,5мм, что обеспечивает ей наименьшую видимость, необходимую в этом случае. Минимальная длина лесы должна быть равна длине лидера. Практически ее следует принимать длиннее

(до двух длин лидера), чтобы большую часть времени в слое кальмара работали все джиггеры.

Расстояние между джиггерами на лесе должно быть равно полной длине кальмара или несколько превышать ее (ее принимают равной 40–60 см). С учетом длины лесе и джиггеров, расстояния между джиггерами можно определить количество джиггеров на лесе, которое может достигать 50–60.

Для повышения производительности лова и с учетом удобства в эксплуатации целесообразно использовать яруса с двумя ветвями.

При выборе блесны-приманки важно учитывать, что характер пищевой реакции кальмара зависит от размера, формы, цвета, степени подвижности приманки (часто эти показатели должны соответствовать характеристике естественного корма кальмара). Некоторые из перечисленных показателей влияют на дальность обнаружения приманки.

Размеры блесны-приманки выбирают с учетом длины объекта лова. Это соотношение для кальмара колеблется в основном от 0,2 до 0,3. Форма блесны-приманки имеет наибольшее значение, если она полностью имитирует корм приманки. Однако и в других случаях желательно, чтобы соотношения между основными размерами наживки отвечали аналогичным показателям корма объекта лова.

Несветящаяся приманка может соответствовать по цвету некоторому биологическому объекту или должна быть хорошо заметной при естественной и искусственной освещенности. Иногда хорошие результаты дают светящиеся приманки. Если несветящаяся приманка имитирует биологический объект – объект питания кальмара, то необходимо возможно более полное совпадение распределения яркости и цветности по их поверхности. С учетом контрастной чувствительности глаза кальмара и точности измерений относительное различие коэффициентов отражения соответствующих участков биологического объекта и приманки может быть равно 0,03–0,05.

Особенности восприятия кальмара цветовых контрастов не известны. По этой причине о количественном соответствии цветности сравниваемых поверхностей трудно что-либо сказать. Однако в любом случае желательно, чтобы кривые спектрального состава отраженного от них света примерно совпадали.

Если несветящаяся приманка должна быть хорошо заметна, то выбирают окраску (белую или черную) наибольшей видимости в воде. При надводном освещении окраска приманки наибольшей видимости в воде зависит в основном от направления линии зрения на наживку и линии, соединяющей приманку и источник. При частичном затенении света источника, например, корпусом судна, имеет значение также положение рыбы и приманки относительно границы свет – тень.

При подводном освещении наживка наибольшей видимости также должна быть белой, кроме случая, когда направление от глаза объекта лова на наживку близко совпадает с направлением на источник.

Хороший результат иногда дает светящаяся приманка. Тогда задача состоит в определении параметров биолюминесценции, которую обычно имитирует светящаяся наживка. Световой сигнал при биолюминесценции представляет собой импульс с крутым фронтом нарастания и относительно пологим фронтом спадания. Интенсивность вспышки на расстоянии 1см для морских биолюминесцентных колеблется в основном от 10^{-5} до 10^{-2} мкВт/см², а длительность вспышки – от 0,2 до 11с; свечение большинства морских организмов – голубого или сине – зеленого света с максимумом излучения в интервале от 450 до 515нм.

6. Интенсификация лова вертикальными пелагическими ярусами

Основными недостатками существующих способов лова вертикальными пелагическими ярусами является трудоемкость и цикличность лова. Предложен способ лова, отлича-

ющийся тем, что лов осуществляют конусным подхватом, имеющим верхнюю и нижнюю камеры, при движении подхвата вверх, а приманки, не способные захватывать рыбу, располагают на подъемном тросе и стропах подхвата. Устройство для осуществления способа показано на рис. 2.

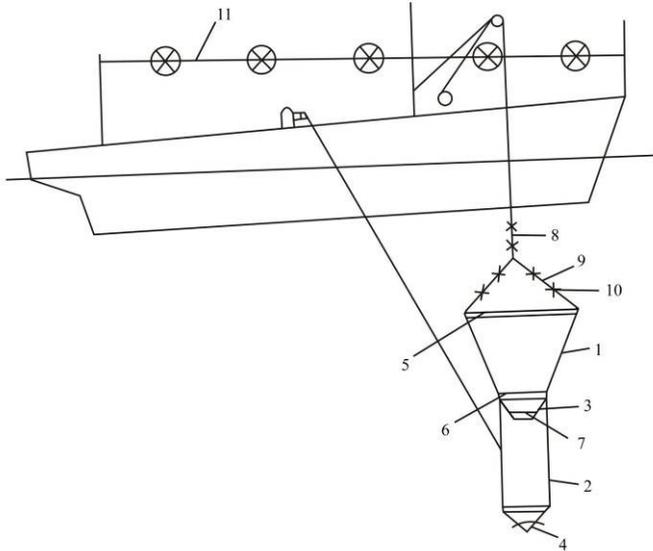


Рис. 2. Схема лова кальмара подхватами с джиггерами без крючьев: 1 – подхват с входным обручем (5); 2 – мешок подхвата; 3 – вентерный усынок с обручами (6 и 7); 4 – устройство для выливки улова; 8 – подъемный трос со стропами (9); 10 – джиггеры; 11 – световая гирлянда

Диаметр конусных подхватов с жестким основанием с учетом удобства подъема на палубу судна равен 3–4м, складывающихся конусных подхватов – до 8–10м. Диаметр большего основания вентерного усынка принимают равным 2–2,5м в конусных подхватах с жестким основанием и мешком подхвата 5–3м в складывающихся подхватах. Нижняя камера конусного подхвата имеет цилиндрическую форму с диаметром, равным диаметру большего основного вентерного усынка.

Высота нижней камеры 2–4м, и она вмещает 1–3т кальмаров.

Блеснами служат джиггеры, но без венцов крючьев. Блесны служат для привлечения кальмара и располагаются на подъемном тросе и на стропах с интервалом 0,5–0,6м.

Световое оборудование состоит из одной или двух гирлянд с источниками света мощностью 1–3кВт. Световые гирлянды располагают параллельно диаметральной плоскости судна относительно борта так, чтобы у борта и под судном образовалась теневая зона с освещенностью 0,1–10лк на глубинах от 5 до 60м, где располагаются кальмары. Для лучшего захвата кальмаров конусным подхватом граница теневой зоны располагается таким образом, чтобы при перемещении подхвата вверх-вниз его основание постоянно находилось в теневой зоне.

Лов осуществляют следующим образом. Включают световые гирлянды и привлекают кальмара к судну. В силу биологических особенностей кальмар концентрируется в теневой зоне под судном с освещенностью от 0,1 до 10лк, то есть в диапазоне глубин от 5–10 до 40–60м.

Конусный подхват совершает возвратно-поступательное движение в указанном диапазоне глубин, захватывая при подъеме кальмаров, которые оказались в зоне облова подхвата или в результате естественного распределения в теневой зоне, или в результате нападения на блесну.

Учитывая подвижность кальмара, скорость подъема подхвата должна быть не менее 0,8–1м/с. Чтобы подхват при подъеме захватывал более плотную часть скопления, подъемный трос подхвата должен располагаться возможно ближе к борту судна. Попавший в верхнюю часть подхвата кальмар проходит вентерный усынок с открытым во время подъема клапаном и попадает в нижнюю камеру подхвата, где концентрируется улов.

После заданного заполнения подхват с помощью стрелы и лебедки поднимают за подъемный трос для выливки улова на палубу судна или оставляют у борта судна с последующим подъемом на палубу за дополнительный подъемный

трос лишь нижней камеры подхвата. В обоих случаях выливку производят через устройство для выливки улова. После окончания выливки улова подхват вновь опускают на глубину лова и продолжают ловить кальмаров, совершая возвратно-поступательные движения на глубине лова. С одного судна можно одновременно работать несколькими конусными подхватами.

Способ можно использовать при положительной реакции кальмара на свет вместо лова вертикальными пелагическими ярусами, что обеспечивает повышение производительности лова в среднем на 5–10% снижение себестоимости добычи на 10–15%.

Список рекомендованной литературы

1. Багаутдинов, И. И. Состояние и перспективы развития лова сардины на свет / И. И. Багаутдинов // ЦНИИТЭИРХ. ОИ. Сер. 2: Промышленное рыболовство. – 1975. – Вып. 8. – С. 28–31.
2. Баранов, Ф.И. Техника промышленного рыболовства / Ф.И. Баранов. – М.: Пищепромиздат, 1960. – 532 с.
3. Гирса, И.И. Биологические основы привлечения рыбы на свет / И.И. Гирса // Биологические основы управления поведением свет. – М.: Наука, 1970. – С. 191–225.
4. Григорьев, О.В. Анализ и оптимизация способов лова кильки рыбонасосными установками с дополнительными источниками света / О.В. Григорьев, А.М. Лихтер, В.Н. Мельников // Материалы Международной конференции, посвященной памяти профессора Войниканис-Мирского. – Астрахань: Изд-во АГТУ, 2002.
5. Григорьев, О.В. Оптимизация световых полей источников света при лове каспийской кильки / О.В. Григорьев // Наука: поиск – 2003: сборник научных статей. – Астрахань: Изд-во АГТУ, 2003.
6. Данилевский, Н.И. Опыт лова пелагическими тралом в Черном море. Применение электрического света /

Н.И. Данилевский // Рыбное хозяйство. – 1952. – № 2. – С. 15–18.

7. Кожемякин, В.И. Лов сайры с помощью надводных источников электричества / В.И. Кожемякин // Рыбное хозяйство. – 1974. – № 2. – С. 58–59.

8. Лихтер, А.М. Общие особенности действия физических полей на рыбу / А.М. Лихтер, А.В. Мельников // Естественные науки. – 2003. – № 6. – С. 187–189.

9. Мельников, А.В. Биофизические процессы в системах управления лова рыбы / А.В. Мельников, А.М. Лихтер // Вестник АГТУ. Сер.: Рыбное хозяйство. Экология. – 2004. – С. 36–38.

10. Мельников, А.В. Новые конструкции и способы лова подхватами / А.В. Мельников, В.Н. Мельников, О.В. Григорьев // Обзорная информация ВНИЭРХа. Сер.: Промышленное рыболовство, 2002. – С. 23–29.

11. Мельников, В.Н. Биотехнические основы промышленного рыболовства / В.Н. Мельников. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 216 с.

12. Мельников, В.Н. Биотехническое обоснование показателей орудий и способов промышленного рыболовства / В.Н. Мельников. – М.: Пищевая промышленность, 1979. – 328 с.

13. Мельников, В.Н. К определению зоны действия источника подводного освещения при лове рыбы / В. Н. Мельников // Труды КТИРПХа. – Калининград, 1969. – Вып. 21. – С. 251–262.

14. Мельников, В.Н. Некоторые элементы методики расчета подводных и надводных световых устройств / В.Н. Мельников // Труды ВНИРО. – 1973. – С. 56–67.

15. Мельников, В.Н. Об эффективности действия света на глаз рыб / В. Н. Мельников // Вопросы ихтиологии. – 1967. – Вып. 1. – С. 149–155.

16. Мельников, В.Н. Определение оптимального спектрального состава излучения подводных источников для лова рыбы / В. Н. Мельников // ОНТИ ВНИРО. – 1968. – № 3. – С. 80–86.

17. Мельников, В.Н. Определение расстояния, с которого рыба обнаруживает источник подводного освещения / В.Н. Мельников // ОНТИ ВНИРО. – 1966. – № 4. – С. 91–96.
18. Мельников, В.Н. Основы управления объектом лова / В.Н. Мельников. – М.: Пищевая промышленность, 1975. – 282 с.
19. Мельников, В.Н. Перспективные способы лова каспийской кильки / В.Н. Мельников, А.В. Мельников, О.В. Григорьев // Рыбное хозяйство. – 2002. – № 6. – С. 42–45.
20. Мельников, В.Н. Повышение эффективности лова рыбонасосными установками / В.Н. Мельников, А.В. Мельников // Обзорная информация ВНИЭРХа. – 2000. – № 1. – 60 с.
21. Мельников, В.Н. Рыбохозяйственная кибернетика / В.Н. Мельников, А.В. Мельников. – Астрахань: Изд-во АГТУ, 1997. – 234 с.
22. Мельников, В.Н. Совершенствование лова разноглубинными тралами / В.Н. Мельников, А.В. Мельников // Обзорная информация ВНИЭРХа. Сер.: Промышленное рыболовство. – М., 2001. – Вып. 1. – 51 с.
23. Мельников, В.Н. Устройство орудий лова и технология добычи рыбы / В. Н. Мельников. – М.: Агропромиздат, 1991. – 384 с.
24. Мельников, В.Н. Характер и степень влияния различных факторов на зону действия источников надводного освещения / В. Н. Мельников, Ле Динь Ха // Рыбное хозяйство. – 1971. – № 4. – С. 58–61.
25. Никоноров, И.В. Выбор режима освещения при лове рыбы на свет / И.В. Никоноров // Рыбное хозяйство. – 1965. – № 2. – С. 28–30.
26. Никоноров, И.В. Лов рыбы на свет / И.В. Никоноров. – М.: Рыбное хозяйство, 1963. – 165 с.
27. Полутов, А.И. К исследованию подводных световых полей искусственных источников, применяемых на промысле тихоокеанского кальмара / А.И. Полутов, В.А. Терских // Научно-практическая конференция по проблемам морепла-

вания, изучения Тихого океана и использования его ресурсов. – 1972. – Вып. 3. – С. 72–83.

28. Решетняк, В.В. Промысел каспийской кильки / В.В. Решетняк, В.Н. Савин, В.Н. Мельников. – М.: Пищевая промышленность, 1977. – 100 с.

29. Решетняк, В.В. Расчет зоны действия источников подводного освещения на рыбу / В.В. Решетняк // Рыбное хозяйство. – 1970. – № 8. – С. 46–49.

30. Сидельников, И.И. Добыча тихоокеанских рыб и кальмаров на свет / И.И. Сидельников. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 210 с.

31. Сидельников, И.И. Конструкции орудий лова рыбы на свет / И.И. Сидельников // Рыбное хозяйство. – 1974. – № 7. – С. 55–56.

Контрольные вопросы

1. Какой вклад внесли российские ученые в развитие лова вертикальными пелагическими ярусами с применением света?
2. Каковы особенности поведения и распределения кальмара при лове вертикальными пелагическими ярусами с применением света?
3. Как проявляются различные виды селективности на пяти этапах лова вертикальными пелагическими ярусами?
4. Как определяются основные показатели селективности лова вертикальными пелагическими ярусами?
5. Что нужно учитывать при построении семейства кривых относительной уловистости для различного размера крючка?
6. Запишите и расшифруйте основные уравнения селективности крючковых орудий лова.
7. Запишите и расшифруйте обобщенное уравнение производительности лова вертикальными пелагическими ярусами.
8. Каковы особенности определения вероятности ухода кальмара на различных этапах лова вертикальными пелагическими ярусами?
9. Какие выводы можно сделать анализируя полную формулу для относительной производительности лова вертикальными пелагическими ярусами?
10. Какова мощность источников света и их расположение при лове вертикальными пелагическими ярусами?
11. Каковы подходы к размещению источников света на судне при лове вертикальными пелагическими ярусами?
12. Для чего применяют подводные светильники при лове вертикальными пелагическими ярусами?
13. Как определяют длину яруса?
14. Как необходимо размещать джиггеры на ярусе?

15. Что необходимо учитывать при выборе блесны-приманки?
16. Опишите способ интенсификации лова пелагическими ярусами с использованием конусного подхвата.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
1. Особенности поведения и распределения объекта лова	4
2. Селективность лова	6
3. Математические модели производительности лова	12
4. Особенности обоснования показателей светового оборудования	15
5. Обоснование основных показателей вертикальных пелагических ярусов	20
6. Интенсификация лова вертикальными пелагическими ярусами	22
Список рекомендованной литературы	25
Контрольные вопросы	29