
ОРУДИЯ ЛОВА

УДК 639.2.081.117.1.004.15

УЛОВИСТОСТЬ ДОННОГО ТРАЛА ПРИ ЛОВЕ ЧЕРНОГО ПАЛТУСА
REINHARDTIUS HIPPOGLOSSOIDES

© 2006 г. **М.Л. Заферман, Г.П. Тарасова**

*Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства
и океанографии им. Н.М. Книповича, Мурманск 183763*

На основе исследований поведения черного палтуса в процессе лова определен коэффициент уловистости донного трала $KY = 0,3$. Исследования возможного влияния искусственного света на поведение палтуса показали, что уловы с видеорекордером на трале на 18% ниже, чем без него, в связи с чем, после корректировки KY определяется величиной 0,35. Для оценки KY был применен новый методологический подход, основанный на принципе комплементарности и измерений элементов поведения рыб с помощью видео.

ВВЕДЕНИЕ

Оценка запасов черного палтуса *Reinhardtius hippoglossoides* возможна только с помощью траловой съемки, так как эта рыба не регистрируется гидроакустической аппаратурой. Для того, чтобы трал можно было уподобить измерительному средству, необходимы данные об его уловистости.

В качестве первого этапа работ по оценке уловистости авторами были проведены исследования поведения палтуса при его взаимодействии с донным тралом (Заферман, Тарасова, 2004). В данной работе на основании предшествовавших измерений элементов поведения и с применением нового методологического подхода выполнено определение коэффициента уловистости донного трала при лове черного палтуса.

Вслед за А.И. Трещевым (1983, стр. 24), мы понимаем под коэффициентом уловистости (KY) – «отношение числа пойманных рыб к числу находившихся в зоне облова». За зону облова принимается полоса, заключенная между досками трала, поскольку только те рыбы, которые находятся в пределах этой полосы, имеют определенную вероятность попасть в трал.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Для исследований уловистости использован тот же материал, что и для изучения поведения палтуса при лове (Заферман, Тарасова, 2004) с добавлением данных НИС «Нерей», полученных в 2004 г. в том же районе. Всего использована 31 видеозапись общей длительностью 28,9 час., на которых получены изображения 2 216 особей черного палтуса.

Для определения уловистости в абсолютных значениях был применен новый методологический подход. Как известно, в настоящее время существуют два подхода – расчетный и экспериментальный. Первый, анализ которого сделан А.И. Трещевым (1983), использован рядом авторов (Лукашов, 1972; Ионас, 1967;

Розенштейн, 1976). В расчетных формулах этих авторов основную роль играют коэффициенты, которые по своей идее должны отражать поведение рыбы, но ввиду отсутствия количественных данных о поведении они выражены только через геометрические параметры трала. Второй подход (Заферман, Серебров, 1985) состоит в инструментальном определении плотности рыбы в обловленной зоне и сравнении ее с уловом. Оба подхода имеют общий недостаток – абстрагирование от реального поведения рыбы при взаимодействии с тралом. Первый подход ограничился формулами, не наполненными физическим содержанием, а второй – эмпирическими данными, не имеющими теоретического обоснования. В результате ни тот, ни другой пока не привели к положительным результатам.

Примененный нами новый подход представляет сочетание обоих известных на базе принципа комплементарности, т.е. взаимного дополнения: экспериментально измеренные данные о поведении используются для построения модели поведения рыбы при лове, которая дает материал, с одной стороны для расчетных формул, а с другой – для коррекции эмпирических данных инструментальных измерений в соответствии с поведением. Модель поведения черного палтуса описана по результатам первого этапа исследований (Заферман, Тарасова, 2004).

В соответствии с принятой концепцией расчет коэффициента уловистости (КУ) производили двумя способами: по геометрическим параметрам трала и по инструментальным данным о плотности в устье трала, определенной по видеозаписи. В обоих случаях учитывалось концентрирование рыбы тралом в виде фактора концентрации, определенного из модели поведения.

Расчет по геометрическим параметрам выполняли по формуле:

$$КУ = \frac{(1 - p_{gr}) \times (A/2 + X(k) \times P)}{D/2} \quad (1)$$

где A – ширина центральной зоны полосы облова; $X(k)$ – ширина боковой зоны (зоны концентрирования); D – горизонтальное раскрытие трала по доскам; p_{gr} – вероятность ухода рыбы под грунтотроп и кабель; P – средневзвешенная вероятность перехода рыбы из боковых зон в центральную.

Измерение элементов поведения рыб и экспериментальное определение КУ производились путем оценки плотности в устье трала с помощью тралового видеорекордера АВУ. Методика съемки и видеограмметрических измерений описана в работе (Заферман, Тарасова, 2004). Из трех позиций видеорекордера (1 – на верхней подборе, 2 – на верхней пласти в 3 м позади верхней подборы, 3 – на верхней пласти над грунтотропом) для оценки КУ использовались видеозаписи, сделанные в позициях 1 и 3. Данные, полученные в позиции 2, не учитывались ввиду малого их количества, что не позволило оценить динамику КУ при таком расположении видеорекордера.

В тралениях с установкой на трале видеорекордера определяли плотность в центральной зоне полосы облова, а затем рассчитывали КУ по формуле:

$$КУ = \frac{C_1 \times \Phi К}{DV_{tr} \rho(\text{video})} \quad (2)$$

где C_1 – улов на час траления; D – горизонтальное раскрытие трала по доскам; V_{tr} – скорость траления; $\rho(\text{video})$ – плотность по видео; $\Phi К$ – фактор концентрации.

Под фактором концентрации $\Phi К$ мы понимаем отношение плотности, измеренной по видео, к естественной плотности скопления.

В вышеупомянутой работе авторов при описании концентрирования рыбы досками и кабелями был использован термин «коэффициент концентрирования» $C(\text{конц})$, обозначающий отношение плотности в устье трала к естественной. Однако, как показал приведенный ниже анализ, оказалось, что степень концентрирования рыбы в поле зрения видеокамеры не является постоянной, что должно учитываться при расчете по формуле (2). Поэтому нами введен термин $\Phi К$ в указанном выше значении, который учитывает непосредственно данные измерений плотности по видео $\rho(\text{video})$. Значение $C(\text{конц}) = 3,2$, полученное из модели поведения палтуса при лове, является максимальным значением $\Phi К$.

Определение КУ произведено для донного бокс-трала 492 с мелкоячейной вставкой («рубашкой») в мешке, нижняя подбора оснащена рокхоппером. Параметры трала и места установки видеорекордера описаны в работе (Заферман, Тарасова, 2004).

Для оценки КУ экспериментальным методом было сделано 32 траления с установкой видеорекордера на верхней подборе («позиция 1») и 4 траления с видеорекордером над грунтропом («позиция 3»).

РЕЗУЛЬТАТЫ

При оценке КУ расчетным методом в формуле (1) использованы следующие числовые данные, полученные из модели поведения с помощью видеограмметрических измерений (Заферман, Тарасова, 2004), а также из геометрических параметров трала: $A = 8$ м; $X(k) = 26$ м; $D = 60$ м; $p_{gr} = 0,36$; $P = 0,33$.

С учетом этих данных расчетный КУ = 0,27.

Одной из основ расчета КУ служит представление о вероятности ухода рыбы под кабель. Не имея возможности (по техническим причинам) оценить эту вероятность непосредственно, мы приняли ее равной измеренной вероятности ухода под грунтроп $p_{gr} = 0,36$. Эта величина согласуется также с данными В.К. Короткова (1998), который путем подводных наблюдений установил, что уход через кабель донных рыб, в том числе камбаловых, составляет около 40%. Отсюда получены величины $P = 0,33$ и $\Phi К = 3,2$. В случае, если последующие исследования уточнят вероятность ухода через кабель, расчетная величина КУ

также изменится. На рисунке 1 приведены данные расчета КУ в зависимости от вероятности ухода через кабель.

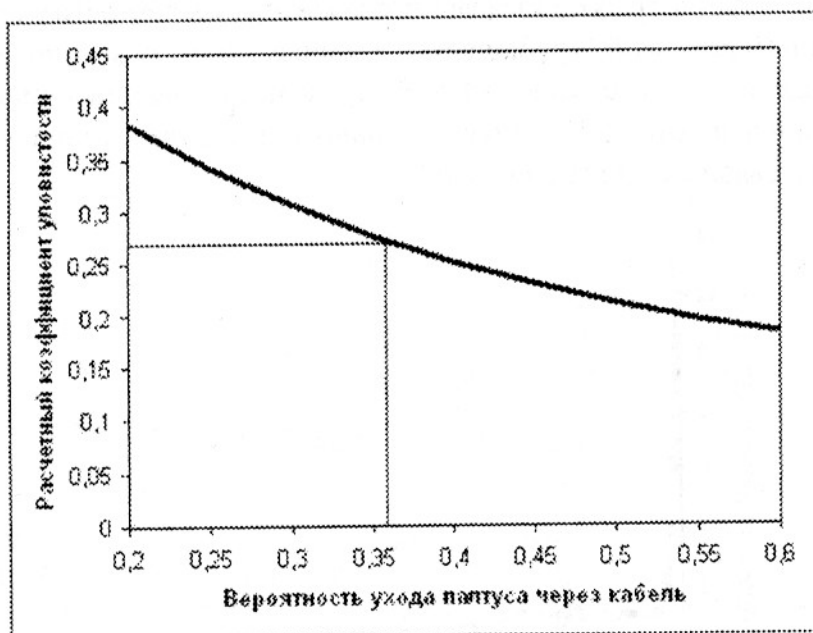


Рис. 1. Зависимость расчетного коэффициента уловистости (КУ) от вероятности ухода палтуса через кабель (p). Отмечена точка, соответствующая вероятности $p=0,36$ и $KY=0,27$.

Fig. 1. Calculated trawl efficiency coefficient (TEC) as a function of the probability of escaping of halibut by the trawl cable (p). The point corresponding the probability $p=0,36$ and $TEC=0,27$ is marked.

Оценка КУ экспериментальным методом с видеорекордером в позиции 1 дала чрезвычайно широкий спектр значений, многие из которых оказались нереально большими (по определению $KY < 1$, так как не все рыбы, находившиеся в обловленном пространстве, попадают в трал). Однако эту неопределенность удалось устранить, построив зависимость КУ от плотности по видео $\rho(\text{video})$, или, что то же самое, от числа зафиксированных на видео рыб на час траления (рис. 2). Оказалось, что все нереально большие значения КУ наблюдаются при самых малых плотностях, менее $0,0012 \text{ экз./м}^2$.

Оценка КУ при положении видеорекордера в позиции 3 дала небольшой разброс со средним значением $KY = 0,31$. К сожалению, практическое использование видеорекордера в этой позиции затруднительно, так как здесь он подвергается серьезной опасности повреждения при спуске и особенно при подъеме трала.

ОБСУЖДЕНИЕ

Как известно (Лукашов, 1972), процесс лова включает три этапа: управление, захват и удержание рыбы. Расчетный метод, основанный на модели поведения, относится к первым двум и определяет фактически не коэффициент уловистости КУ, а коэффициент захвата КЗ, т.е. процент рыбы, подвергшейся

управлению (концентрированию) и захвату (входу в трал). Удержание рыбы в трале достаточно хорошо описывается известными методами изучения селективности (Трепцев, 1983). Данная работа касалась исследования уловистости учетного трала с мелкаячейной вставкой («рубашкой») в мешке, поэтому можно считать, что удержание здесь было 100% и $KЗ = КУ$. В случае исследований данным методом других тралов величину КУ следует уменьшить в соответствии с данными об уходе рыбы в связи с селективностью.

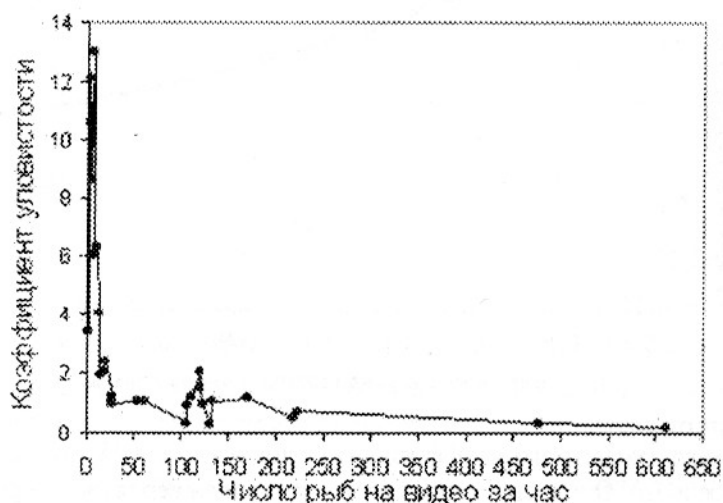


Рис. 2. Зависимость коэффициента уловистости от плотности по видео.
Fig. 2. Trawl efficiency coefficient as a function of the density by video.

Причину изображенной на рисунке 2 зависимости экспериментального КУ от плотности следует искать в поведении рыбы. При малой плотности значительная часть рыбы проходит кустью трала вдоль кабеля и крыла, не попадая в зону видимости видеорекордера в позиции 1, следовательно, наблюдаемая плотность не искажена концентрацией рыбы. Однако это могло бы объяснить увеличение измеренного КУ примерно в 3 раза, но не в 10-14 раз, как наблюдается в эксперименте. По-видимому, к этому добавляется отрицательная реакция палтуса на свет лампы видеорекордера. Можно предположить, что при малой плотности, когда у рыбы достаточно места для маневра в устье трала, она может обходить пятно света, не попадая в поле зрения видеорекордера. В результате на видеозаписи оказывается мало рыб, что и ведет при расчете к нереально большим значениям КУ.

Весь диапазон плотностей разделяется на две области: неадекватных значений КУ (меньше 0,0012 экз./м²) и адекватных значений. Если на видеозаписи обнаруживается малое количество рыбы (для нашего случая менее 15 особей в пересчете на час траления, что примерно соответствует критической плотности 0,0012 экз./м²), то результаты расчета КУ будут неадекватными, и такие данные следует исключать из рассмотрения. В область адекватных значений попали данные 18 тралений с видеосъемкой, которые можно использовать для оценки КУ.

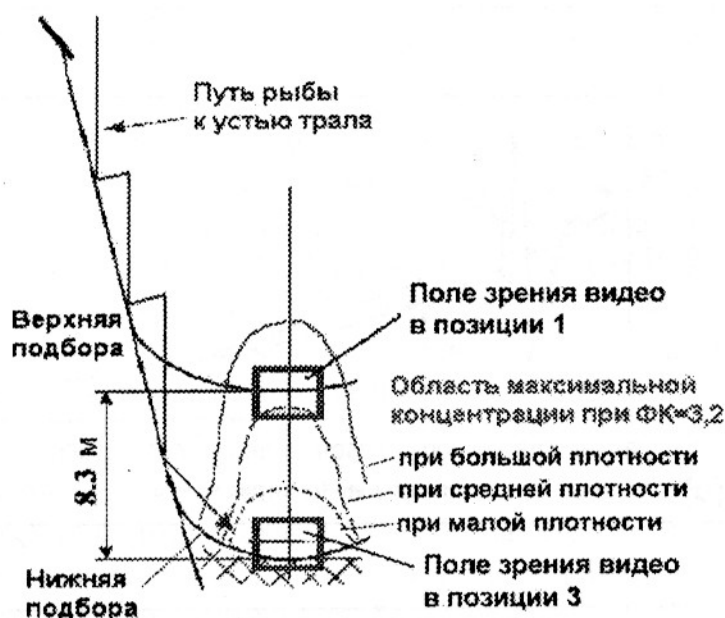


Рис. 3. Расположение области максимальной концентрации палтуса в устье трала относительно поля зрения видеорекодера.

Fig. 3. Location of the area of maximal concentration of halibut within the trawl mouth regarding the field of view of the video recorder.

Как показано на рисунке 3, область максимальной концентрации рыбы, где $ФК = 3,2$, находится вблизи грунтропа, но при малых плотностях не достигает поля зрения видеорекодера в позиции 1. Это подтверждается данными видеосъемок в позиции 3, где средний КУ оказался близким к расчетному, что свидетельствует как о наличии постоянной области максимальной концентрации вблизи грунтропа, так и о близости к истине расчетного $ФК$.

По мере увеличения естественной плотности скопления увеличивается и плотность в области максимальной концентрации при постоянном $ФК = 3,2$, а сама эта область расширяется так, что постепенно достигает поля зрения видеорекодера в позиции 1. Поскольку границы ее не резкие, количество рыбы на видеозаписи в сравнении с уловом возрастает при увеличении плотности постепенно.

Таким образом, величина $ФК$ оказывается постоянной в области максимальной концентрации вблизи грунтропа, но переменной в районе установки видеорекодера на верхней подборе. Это объясняет, почему в области адекватных значений наблюдается закономерное снижение КУ (рис. 2, 4а): здесь $ФК$ изменяется от 1 (отсутствие концентрирования) до 3,2 (максимальное значение). Указанная закономерность обуславливает возможность внесения поправок в величину $ФК$ в позиции 1 и, следовательно, в КУ, вычисляемый по формуле (2). Откорректированный КУ в области адекватных значений показан на рисунке 4б. После коррекции средневзвешенная величина $КУ = 0,34$.

Окончательные результаты определения КУ представлены в таблице 1.

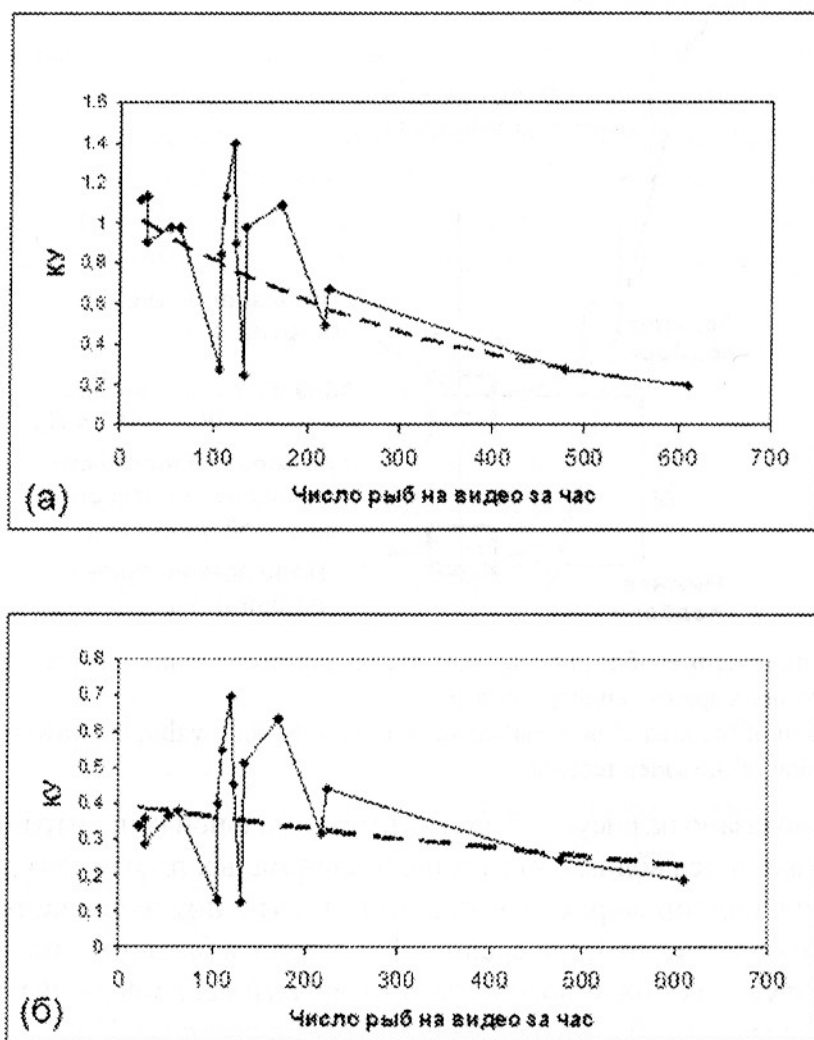


Рис. 4. Экспериментальный коэффициент уловистости в зависимости от плотности по видео в области адекватных значений: а – до коррекции, б – после коррекции. Пунктир – линия тренда.

Fig. 4. Experimental trawl efficiency coefficient as a function of the density by video within the adequate values area: a – before, b – after correction. The trend line is dotted.

Таблица 1. Результаты определения коэффициента уловистости.

Table 1. The results of the trawl efficiency coefficient estimation.

Способ определения	Число измерений	Средний КУ
Расчетный КУ	–	0,27
Видеорекордер в позиции 1	18	0,34
Видеорекордер в позиции 3	4	0,31

Учитывая сделанные допущения и возможные неточности измерений, принимаем в качестве наиболее вероятной округленную среднюю величину $KY = 0,3$.

Полученная величина КУ подлежит корректировке, связанной с возможностью влияния искусственного света видеорекордера на поведение палтуса.

О ВЛИЯНИИ ИСКУССТВЕННОГО СВЕТА НА ПОВЕДЕНИЕ ПАЛТУСА

На глубинах обитания черного палтуса естественная освещенность весьма мала, поэтому искусственный свет внешнего светильника видеорекордера должен восприниматься им, как сильный раздражитель. Если реакция на свет отрицательная, то установка на трале видеорекордера должна приводить к более раннему реагированию особей на приближающийся трал и, следовательно, к уменьшению уловов и снижению КУ. Норвежские исследователи (Albert et al., 2003), проводя парные траления в одной точке с видеоаппаратурой и без нее, нашли, что уловы в первом случае снижаются в среднем на 30%.

Мы провели анализ уловов, сделанных одновременно и в одном и том же месте, где выполнялись траления с видеорекордером на трале. Было выделено 6 полигонов (в некоторых рейсах было по 2 полигона). В результате оказалось, что средневзвешенный улов на час траления без установки на трале видеорекордера превышает улов с видеорекордером на 18% (табл. 2).

Таблица 2. Сравнение уловов на час траления с видеорекордером на трале и без него.
Table 2. The comparison of catches per hour with and without video.

№ полигона, судно, дата	Траления без видео		Траления с видео		Отношение C_0 / C_B
	Кол-во тралений	Средний улов C_0 , кг/час	Кол-во тралений	Средний улов C_B , кг/час	
1, Персей-3, 3-1998	16	857,2	4	639,8	1,34
2, Персей-3, 9-1999	3	1622,8	7	1742,8	0,93
3, Персей-3, 9-1999	14	2382,2	6	2779,4	0,86
4, Нерей, 11-2002	8	2240,3	5	1393,1	1,61
5, Нерей, 11-2002	12	1802,6	8	1057,8	1,70
6, Нерей, 10-2003	7	1321,8	7	826,0	1,60
Средневзвешенное	$\Sigma=60$	1671,0	$\Sigma=37$	1422,8	1,18

Различие наших и норвежских данных о влиянии света на уловы можно объяснить разной конфигурацией видеосистемы. В норвежских экспериментах использована широкоугольная аппаратура, причем освещено было почти все устье трала в сечении на уровне грунтропа. По-видимому, такая картина могла быть видима рыбе с большого расстояния и вызывала более заблаговременную реакцию. Примененные в наших работах видеорекордеры АБУ имеют светильники с узким углом, дающие сравнительно небольшое световое пятно на грунте, что вызывает, по-видимому, более слабую реакцию рыбы.

С учетом снижения уловов на 18% под влиянием искусственного света можно считать $KY = 0,35$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследований с помощью подводной видеоаппаратуры определен коэффициент уловистости донного трала 492 при лове черного палтуса равный 0,3. Обнаружено, что искусственный свет видеосистемы снижает уловы

приблизительно на 18%. С учетом этого явления можно считать $KY = 0,35$. Данная величина КУ получена для размерного состава палтуса 31-92 см при средней длине 49,5-54 см.

Для оценки КУ использован новый методологический подход, основанный на принципе комплементарности расчетного и экспериментального подходов и предусматривающий применение подводной видеоаппаратуры.

Дальнейшие исследования необходимо проводить в направлениях распространения методики на определение дифференциального КУ и уточнения данных о влиянии света на поведение палтуса в процессе лова.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Заферман М.Л., Серебров Л.И. Методы и результаты изучения коэффициентов уловистости тралов. Исследования по оптимизации рыболовства и совершенствования орудий лова: Сб. науч. тр. М.: ВНИРО, 1985. С. 84-94.

Заферман М.Л., Тарасова Г.П. О поведении черного палтуса (*Reinhardtius hippoglossoides*) в устье донного трала // Вопросы рыболовства. 2004. Т. 5. №4(20). С. 753-762.

Ионас В.А. Производительность трала. М.: Пищевая промышленность, 1967. 51 с.

Коротков В.К. Реакция рыб на трал, технология их лова. Калининград: ЭКБ МариНПО, 1998. 398 с.

Лукашов В.Н. Устройство и эксплуатация орудий промышленного рыболовства. М.: Пищевая промышленность, 1972. 367 с.

Розенштейн М.Н. Расчет элементов глубоководной траловой системы. М.: Пищевая промышленность, 1976. 189 с.

Трещев А.И. Интенсивность рыболовства. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. 236 с.

Albert, O.T., Harbitz, A., Hoines, A.S. Greenland halibut observed by video in front of survey trawl: Behaviour, escapement, and spatial pattern // Sea Research. 2003. V. 50. Pp. 117-127.

BOTTOM TRAWL EFFICIENCY FOR GREENLAND HALIBUT *REINHARDTIUS HIPPOGLOSSOIDES*

© 2006 y. M.L. Zaferman, G.P. Tarasova

Polar Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography, Murmansk

The trawl efficiency coefficient (TEC) of the bottom trawl for Greenland halibut is determined on basis of investigations of fish behaviour during trawling, $TEC = 0,3$. The investigations of the possible effect of artificial light on halibut behaviour showed that catches with video were 18% less, than without light. Therefore TEC can be considered as 0,35. The new methodological approach was used for TEC estimation based on the principle of complementarity and the measurements of fish behaviour elements by video.