

ВЛИЯНИЕ ГИДРООПТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА УЛОВИСТОСТЬ ТРАЛА

В. Н. ЧЕСТНОЙ

При составлении промысловых карт по районам и сезонам тралового лова обычно за исходные цифры принимаются средние величины уловов за единицу времени траления (однотипными тралами при постоянной скорости траления). Считается, что уловистость трала — величина постоянная.

Между тем практика тралового лова рыбы показала, что в ряде случаев трал перестает брать рыбу в то время как эхолотом, контрольным крючковым ловом или каким-либо другим методом удается установить наличие промысловых концентраций рыб в зоне действия трала. Это говорит о том, что уловистость трала — величина переменная, а колебания ее могут существенно исказить наши представления о сырьевой базе района или даже бассейна в целом. Эти факты можно проиллюстрировать на примере попыток освоения тралового лова трески в водах, омывающих Камчатку.

Многочисленные попытки освоить этот наиболее прогрессивный вид лова трески на протяжении вот уже почти полувека кончаются неудачами. Дело в том, что если бы камчатская треска никогда не встречалась в уловах тралов в промысловых размерах, то проблемы ее тралового лова не существовало бы вообще. Но, как правило, 5—10% из общей массы тралений промысловые (от 0,5 до 6 т за часовое траление). Что же мешает превратить эти эпизодические промысловые уловы в систему?

Можно предположить несколько причин этого явления:

- 1) бедность сырьевой базы трески и ее разреженное распределение в районах лова;
- 2) наличие регулярных суточных вертикальных миграций, в связи с чем донный трал перестает брать треску, оторвавшуюся от грунта;
- 3) максимальные скорости движения камчатской трески выше, чем у атлантической или балтийской, в результате чего она легко уходит из зоны облова;
- 4) неудовлетворительность конструкций современных тралов.

Не имея возможности в краткой статье дать подробный анализ всех четырех положений, автор отмечает, что ближе всего к истине оказались третье и четвертое.

Причина неустойчивости промысловых уловов в водах, омывающих Камчатку, может определяться двумя факторами: либо неустойчивостью промысловых концентраций трески, либо колебанием уловистости трала. Полувековой опыт ярусно-удебного рыболовства опровергает первое предположение. Не изученным остается вопрос о колебаниях уловистости трала в период ведения промысла.

Треска в большинстве случаев легко уходит из зоны действия трала, но иногда при определенных условиях она не успевает уйти и тогда трал приносит промысловые уловы. В том что треска в большинстве случаев уходит из зоны облова, бесспорно, «виновата» конструкция трала, но при определенных условиях любой трал хорошо захватывает треску, принося промысловые уловы.

Нелогично искать причины этого явления в особенностях поведения самой рыбы или конструкции трала, взятых в отдельности. Необходимо искать решение в тех взаимосвязях, которые складываются между тралом и рыбой.

Движущийся трал создает два типа источников раздражений, воспринимаемых рыбой: гидроакустические и световые. Каждая конструкция трала обладает постоянным (на однотипных грунтах) шумовым спектром излучения. Это не может послужить причиной колебания уловистости трала.

Световой раздражитель наиболее неустойчив, а следовательно, в его колебаниях и надо было искать причины неустойчивости промысловых уловов трески.

Величина светового раздражения, воспринимаемого глазом рыбы, складывается из двух составляющих: освещенности и прозрачности среды на глубине траления. Суммарное действие этих величин определяет расстояния, с которых рыба начинает различать приближающийся трал, а отсюда определяется и результативность ухода трески из зоны его действия. Следовательно, есть основания предположить, что дальность видимости на глубине лова находится в связи с уловистостью трала.

Имея в виду, что дальность видимости различных деталей трала (даже в условиях постоянной освещенности и прозрачности среды) различна, а закон изменения этой величины в зависимости от освещенности и прозрачности един, то достаточно знать этот закон для какого-нибудь эталонного предмета (например, диска Секки), чтобы получить возможность сопоставить ее с колебаниями уловистости трала.

В промысловых условиях мы не можем определить абсолютную величину уловистости трала. Возможна только относительная оценка колебаний ее на основе анализа динамики уловов. Это, бесспорно, очень грубый метод сопоставления, так как скопления трески не могут быть равномерно распределены по всему району промысла, но при обнаружении прямых связей между сравниваемыми величинами можно сделать важные промысловые выводы.

ПРОХОЖДЕНИЕ СВЕТА ЧЕРЕЗ ВОДУ

При прохождении света через воду происходят два процесса: поглощение и рассеяние. Установлено, что при прохождении параллельного пучка света через воду световой поток убывает по показательному закону [1,15]

$$I = I_0 \cdot e^{-(\kappa_0 + \rho_0) h},$$

где I_0 — подповерхностная энергия света;

I — энергия света, прошедшего слой воды толщиной h метров;

κ_0 — коэффициент поглощения;

ρ_0 — коэффициент рассеяния.

Учитывая сложность связей между коэффициентами рассеяния и поглощения в естественных условиях водоема, проводились и проводятся многочисленные эксперименты по определению освещенности на разных глубинах при помощи специально сконструированных гидрофотометров.

Анализ материалов круглогодичных наблюдений Пуля и Аткинса [16, 23, 24], А. Трофимова [12], Кларка [19], А. А. Гершуна [1], Джерлова [21], данных комплексных работ экспедиционного судна «Витязь» и многих других источников показал, что при замерах освещенность горизонтальной площадки окошка гидрофотометра убывает по кривой, близкой к показательной.

При опытах вместо $k_0 + \rho_0$ рассматривалась величина γ , названная показателем вертикального ослабления, а формула падения освещенности горизонтальной площадки с увеличением глубины приобрела вид

$$I = I_0 \cdot e^{-\gamma \cdot h} \quad (1)$$

При различной ориентации окна гидрофотометра к плоскости горизонта менялась и абсолютная величина его освещенности при сохранении той же величины γ [9, 10, 11].

Уравнение падения горизонтальной освещенности с глубиной [1] в настоящее время считается все же приблизительным из-за значительного разброса точек от некоторой средней линии. Для иллюстрации характера разброса точек наблюдений используем полулогарифмическую масштабную сетку. В этом случае показательная кривая спрямляется, что особенно хорошо иллюстрирует все отклонения от средней линии.

На оси ординат откладывается относительная освещенность в процентах от подповерхностной.

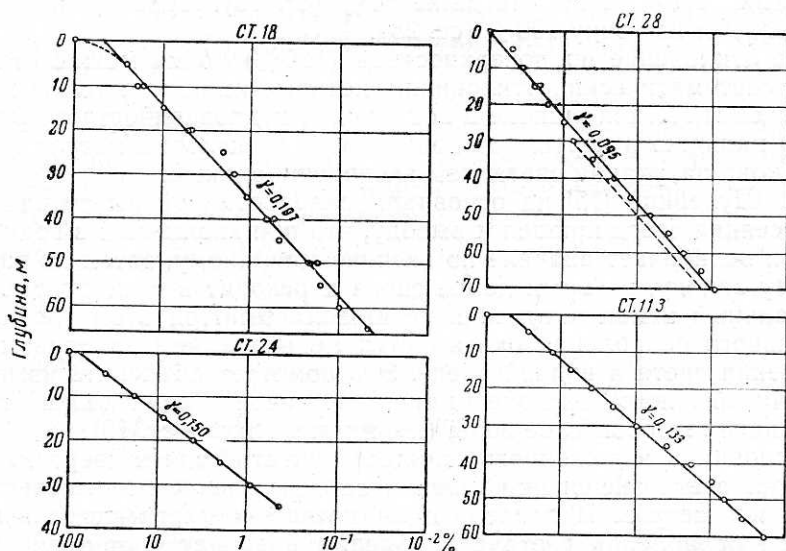


Рис. 1. Затухание дневного света с глубиной.

На рис. 1 приводятся четыре наиболее характерные гидрооптические станции, заимствованные у Пуля и Аткинса [23, 24] ст. 18, 24, 28 и у Трофимова [12] ст. 113. Точки ст. 24 идеально укладываются на прямой линии, что наглядно подтверждает экспоненциальность закона вертикального ослабления света. Но процент таких идеальных станций невелик, хотя они все же встречаются у многих авторов.

Наиболее характерны остальные три типа станций. Здесь наблюдается некоторый разброс точек относительно средней линии. Относительное отклонение обычно не превышает 25%, в то время как при тарировке относительная ошибка фотометров не превышала 10—15%. Излишний разброс точек объяснялся неравномерной прозрачностью воды. Однако если обратиться к данным ст. 18, то видно, что при повторных от-

счетах во время подъема показания гидрофотометра никогда не совпадают с его показаниями во время спуска. Нередки случаи, когда относительное отклонение точек при подъеме достигает 30% от показаний гидрофотометра при спуске. Это обстоятельство указывает на наличие при работе гидрофотометров в полевых условиях несколько большей относительной ошибки, чем это имеет место при их тарировке.

Наблюдаются различные типы отклонений от средней линии. Так, например, на ст. 28 серия точек легла ниже средней линии в горизонте 15—40 м. То же самое было на ст. 18, где точки в слое 20—30 м пошли выше средней линии, на ст. 113 точки пошли выше в горизонте 30—50 м. Некоторые исследователи склонны приписывать указанные отклонения понижению или повышению прозрачности того или иного слоя воды.

Но если до и после помутненного или посветленного слоя воды показатель вертикального ослабления остается одним и тем же, то после прохождения этого слоя и дальнейшем погружении фотометра мы должны бы видеть вторую линию, параллельную первой (пунктирная линия ст. 28). А так как этого нет, то отмеченный тип отклонений можно отнести к инструментальной ошибке.

И, наконец, последний тип отклонений от прямой линии, встречающийся у всех экспериментаторов,—это отклонение верхней подповерхностной точки от средней линии вертикального ослабления света. Это приводит к тому, что, продолжая линию до поверхности, мы не получаем ожидаемых 100%, а 80 или даже 50% (ст. 18). Сравнительно редко линия выходит на точку 100% (ст. 28).

Такое отклонение подповерхностной (100%) точки можно отнести к разряду систематических отклонений, которые имеют место либо благодаря систематической ошибке в показаниях подповерхностного фотометра, либо наличию в первых от поверхности нескольких метрах глубины иного закона затухания света, чем экспоненциальный.

В. В. Шулейкин [15] на основании разработанной им теории сложного рассеяния света пришел к выводу, что при вхождении в воду световой поток ослабевает вначале по экспоненциальному, затем по гиперболическому закону, который далее снова переходит в стационарный экспоненциальный закон затухания освещаемости. При этом показатель вертикального ослабления оказывается меньшим, чем на первом этапе прохождения света в водной среде. Это помогает объяснить изгиб прямой линии обычного экспоненциального закона ослабления света в верхнем пятиметровом слое воды (пунктирная линия ст. 18).

На основании изложенного можно считать закон вертикального ослабления света экспоненциальным, за исключением нескольких поверхностных метров. В последующем построение вспомогательной номограммы ослабления света с глубиной начинается от точки 0 м и 100% подповерхностной освещенности. В этом случае при допущении систематической ошибки гидрофотометра при опытах параллельным переносом линии ослабления света ошибка компенсируется. Если же данные В. В. Шулейкина справедливы, то вводится систематическая ошибка, которая не сказывается на ходе дальнейших расчетов.

УПРОЩЕННЫЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО ОСЛАБЛЕНИЯ

Не всегда в полевых условиях удастся воспользоваться гидрофотометром с тем, чтобы получить данные об освещенности некоторой горизонтальной площадки на интересующей нас глубине. Особенно это сложно осуществлять на рыбопромысловых судах. Но если закон вертикального ослабления света существует, то достаточно тем или иным упрощенным прибором определить прозрачность воды в верхних нескольких

метрах, чтобы судить о прозрачности последующих слоев воды и их освещенности.

Таким простейшим прибором является диск Секки. Впервые В. В. Шулейкиным (1922 г.) была установлена зависимость между глубиной исчезновения белого диска Секки и модулем расстояния, имеющая вид

$$Z_0 = \frac{0,15}{a}, \quad (2)$$

где Z_0 — глубина исчезновения диска Секки;
 a — модуль рассеяния.

Но в выражении (2) не учтено поглощение света. В последующем Пулем и Аткинсом [24] это было учтено. При анализе материалов показаний гидрофотометров (в слое 0—20 м) и глубины исчезновения диска Секки ими была установлена та же зависимость, но с другим коэффициентом ($\kappa=1,7$)

$$Z_0 = \frac{1,7}{\gamma}, \quad (3)$$

где γ — показатель вертикального ослабления.

В 1933 г. В. В. Шулейкиным была высказана мысль о том, что величина делимого в формуле (3) должна равняться 2 *у. е.* Эта цифра была подтверждена лабораторными опытами Р. Н. Иванова [3] и в полевых условиях А. А. Гершуном [1]. Наблюдения на экспедиционном судне «Витязь» в Охотском и Беринговом морях дали несколько заниженную цифру, равную 1,4.

На основании этих данных можно предположить, что эмпирический коэффициент сам является функцией каких-то переменных. Знание закона изменения этого коэффициента представляет для нас особое значение, так как на основании формулы (3) открывается возможность расчета дальности видимости подводных предметов.

Учитывая важность задачи, остановимся подробнее на этом вопросе.

О ДАЛЬНОСТИ ВИДИМОСТИ ПОД ВОДОЙ

В вопросе теории дальности видимости подводных объектов много общего с теорией дальности видимости наземных объектов. Теория дальности видимости наземных объектов изложена в разных вариантах во многих источниках по метеорологии [2, 7, 8, 14].

Остановимся коротко на теории дальности видимости в применении к случаю видимости подводных объектов. Выводы из этой теории полезны тем, что проливают свет на физическую сущность уравнения (3).

Рассмотрим некоторый экран P (рис. 2), видимый из точки O с расстояния l внутри телесного угла $d\omega$. Если яркость экрана обозначим через B , то световой поток дойдет до точки наблюдения O ослабленным до величины (по аналогии с формулой) (1)

$$B_1 = B \cdot e^{-\alpha \cdot l} \quad (4)$$

согласно экспоненциального закона убывания световой энергии, проходящей через однородную среду (где α — показатель ослабления).

Отсечем плоскостями, параллельными плоскости P , на расстоянии r от точки O элементарный объем dv .

Тогда

$$dv = dS \cdot dr,$$

НО ТАК КАК

$$d\omega = \frac{dS}{r^2},$$

ТО

$$dv = r^2 \cdot dr \cdot d\omega. \quad (5)$$

Элементарный объем dv в результате рассеяния падающего на него света будет посылать в направлении к точке наблюдения O рассеянный

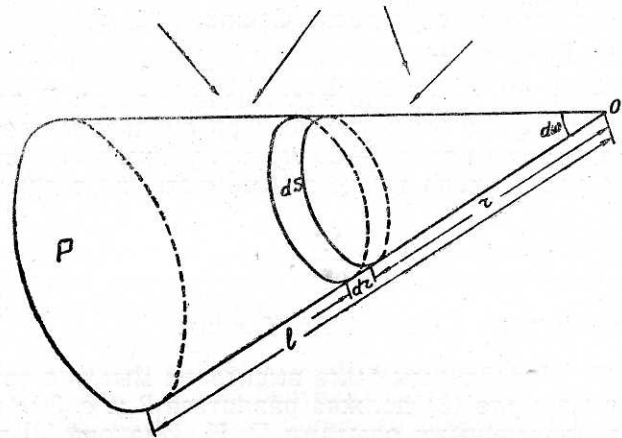


Рис. 2. Схема телесного угла.

свет. Его яркость $d\beta$ будет равна отношению силы света, даваемой данным объектом, к величине площади нормальной к оси зрения, т. е.

$$d\beta = \frac{dI}{dS}, \quad (6)$$

НО

$$dI = c \cdot E \cdot dv,$$

где c — коэффициент рассеяния;

E — освещенность элемента объема.

Тогда, подставляя в отношение (6) уравнение (5), получаем

$$d\beta = c \cdot E \cdot dr. \quad (7)$$

Яркость $d\beta$ будет воспринята в точке O ослабленной. Поэтому видимая яркость будет так же как и в уравнении (4)

$$d\beta_1 = d\beta \cdot e^{-\alpha \cdot r} = c \cdot E \cdot e^{-\alpha \cdot r} \cdot dr.$$

Для того чтобы получить яркость слоя среды внутри телесного угла $d\omega$, точкой наблюдения O и экраном P , проинтегрируем полученное выражение

$$\beta_1 = \int_0^l c \cdot E \cdot e^{-\alpha \cdot r} \cdot dr = \frac{cE}{\alpha} (1 - e^{-\alpha \cdot l}).$$

Обозначим $\frac{c \cdot E}{\alpha} = B$, тогда

$$\beta_1 = B(1 - e^{-\alpha \cdot l}). \quad (8)$$

Благодаря яркости β_1 у наблюдателя создается впечатление дымки, заволакивающей рассматриваемую плоскость P .

Общая видимая яркость B' экрана P будет равна сумме

$$B' = B_1 + \beta_1 = B \cdot e^{-\alpha \cdot l} + B(1 - e^{-\alpha \cdot l}). \quad (9)$$

Из выражения (9) видно, что видимая яркость плоскости P при увеличении расстояния l приближается к величине B и, следовательно, если $B < B$, то видимая яркость плоскости P с удалением от нее будет увеличиваться — плоскость становится светлее, а при $B > B$, наоборот, уменьшается.

Отсюда, значение $B = \frac{c \cdot E}{\alpha}$ можно рассматривать как яркость бесконечно протяженного слоя среды (при $l = \infty$).

Известно, что видеть плоскость P можно лишь при условии, если она отличается по яркости или по цвету от фона, на который данная плоскость проектируется. Это отличие называется контрастом (яркостным или цветовым). Рассмотрим пока только яркостный контраст.

Яркостный контраст η определяется как отношение абсолютной разности яркостей объекта B_o и фона B_ϕ к большей из них

$$\eta = \frac{B_o - B_\phi}{B_o} = \frac{\Delta B}{B_o}, \text{ если } B_o > B_\phi, \quad (10)$$

или

$$\eta = \frac{B_\phi - B_o}{B_\phi} = \frac{\Delta B}{B_\phi}, \text{ если } B_\phi > B_o. \quad (11)$$

Контраст не зависит от абсолютных значений B_o и B_ϕ и всегда является положительной дробью. Его предельные значения: $\eta = 0$ при ($B_o = B_\phi$ и $\eta = 1$, если меньшая яркость равна нулю, т. е. когда предмет или фон можно рассматривать как абсолютно черное тело. В первом случае ($\eta = 0$) при одинаковой яркости предмета и фона первый не может быть увиден, какова бы ни была их яркость. На самом деле глаз перестает ощущать контрасты при η несколько больше нуля. Наименьшее значение контраста получило название порога контрастной чувствительности глаза и обозначается ε . Объект будет виден в случае, если $\eta > \varepsilon$. При $\eta = \varepsilon$ наступает момент перехода от видимости объекта наблюдения к его исчезновению.

Допустим, что наблюдается объект с собственной яркостью B_o на фоне, собственная яркость которого B_ϕ . Положим $B_\phi > B_o$ (11). Если расстояние до объекта обозначить через l , а до фона через $(l + \Delta l)$, то согласно (9) видимая яркость объекта будет

$$B'_o = B_o \cdot e^{-\alpha \cdot l} + B(1 - e^{-\alpha \cdot l}),$$

а фона

$$B'_\phi = B_\phi \cdot e^{-\alpha(l + \Delta l)} + B(1 - e^{-\alpha(l + \Delta l)}).$$

Контраст, образуемый этими яркостями, будет

$$\eta = \frac{B'_\phi - B'_o}{B'_\phi} = \frac{B_\phi \cdot e^{-\alpha(l + \Delta l)} + B(1 - e^{-\alpha(l + \Delta l)}) - B_o e^{-\alpha \cdot l} - B(1 - e^{-\alpha \cdot l})}{B_\phi \cdot e^{-\alpha(l + \Delta l)} + B(1 - e^{-\alpha(l + \Delta l)})}$$

После преобразований

$$\eta = \frac{(B_\phi - B) - \frac{B_o - B}{e^{-\alpha \cdot \Delta l}}}{(B_\phi - B) + \frac{B}{e^{-\alpha \cdot \Delta l}} \cdot \frac{1}{e^{-\alpha \cdot l}}}. \quad (12)$$

При удалении предмета от наблюдателя предмет скроется в том случае, когда при данных условиях освещения $\eta = \epsilon$ — порогу контрастной чувствительности глаза.

При этом $l = Z$ — дальности видимости предмета.

Подставляя значения ϵ и Z в уравнение (12) и решая его относительно Z , получаем искомое уравнение

$$Z = \frac{1}{\lg e^{-\alpha}} \cdot \lg \frac{\epsilon}{\left(1 - \frac{B_0}{B}\right) - \left(1 - \frac{B_\Phi}{B}\right) (1 - e) e^{-\alpha \cdot \Delta l}} \quad (13)$$

Уравнение (13) отображает общий случай дальности видимости предметов.

Если за наблюдаемый предмет мы возьмем белый диск Секки и будем считать, что $\Delta l = 0$, а фоном является сама толща воды ($B_\Phi = 1$), то уравнение (13) упрощается

$$Z = \frac{1}{\lg e^{-\alpha}} \lg \frac{\epsilon}{1 - \frac{B_0}{B}} = \frac{-\ln \left(\frac{\epsilon}{1 - \frac{B_0}{B}} \right)}{\alpha} \quad (14)$$

Нетрудно видеть, что выражения (3) и (14) аналогичны $\alpha = \gamma$.

Уравнение (14) показывает, что дальность видимости диска Секки определяется порогом контрастной чувствительности глаза в данных условиях освещения. Следовательно, выражение

$$-\ln \left(\frac{\epsilon}{1 - \frac{B_0}{B}} \right) \neq \text{const.}$$

Величина числителя в уравнении (14) имеет бесчисленное множество значений при различных условиях освещения, что подтверждается данными перечисленных выше исследователей.

Представляет также интерес диапазон изменений величин

$$-\ln \left(\frac{\epsilon}{1 - \frac{B_0}{B}} \right) = k \quad (15)$$

в различных условиях освещения для разных водоемов. Следует заметить, что замеры прозрачности при помощи диска Секки согласно инструкции берутся в период времени, близкий к полудню.

Для наиболее четкого представления связи между показателем вертикального ослабления γ и величинами k последние нанесены на график в функциональной шкале.

Для этого уравнение (3) представлено в форме

$$\frac{1}{\gamma} = \frac{1}{k} \cdot Z_0.$$

Пусть $\frac{1}{\gamma} = y$.

Строим на оси ординат шкалу этой функции, задаваясь значениями γ в границах ее изменений. Тогда уравнение (3) изобразится в виде прямой линии

$$y = \frac{1}{k} \cdot Z_0,$$

где $\frac{1}{k}$ — угловой коэффициент.

Этим приемом равнобочная гиперболa спрямляется, что повышает наглядность восприятия графиков.

На рис. 4. представлены данные по трем водоемам: Ла-Маншу (Пуль и Аткинс), Южному Каспию (Трофимов), Охотскому и Берингову морям (материалы экспедиционного судна «Витязь»).

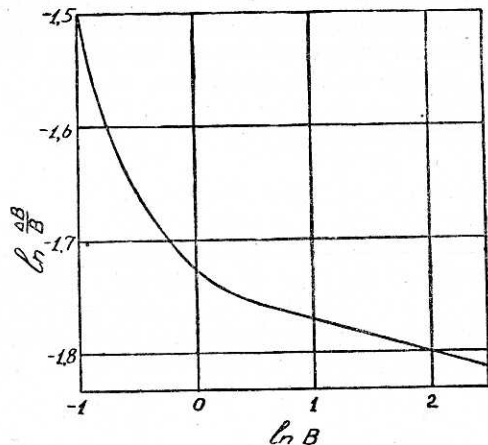


Рис. 3. Изменение восприятия прироста яркости от величины яркости (в миллиламбертах приводится по Уорсингу А. и Гейнеру Д., 1953).

Точки, как и следовало ожидать, не укладываются на одной прямой, но хорошо ложатся в некотором секторе aob . Линия ob , проведенная вдоль нижней границы точек, соответствует величине $\kappa=2$.

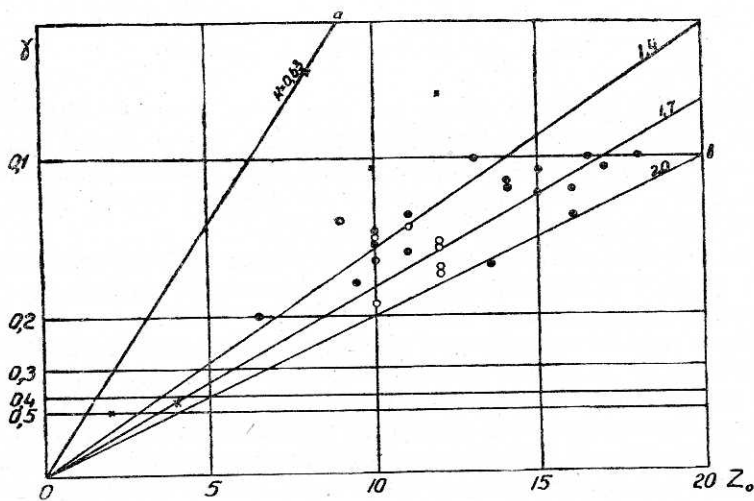


Рис. 4. Зависимость между показателем вертикального ослабления γ , величиной κ и глубиной исчезновения диска Секки Z_0 .

● — данные Пуля и Аткинса; ○ — данные А. Трофимова;
 × — работы экспедиционного судна «Витязь».

Эта линия хорошо согласуется с цифрой, полученной В. В. Шулейкиным. Линия oa проведена по данным, полученным в северной части Берингова и Охотского морей ($\kappa=0,63$). Причина значительного отклонения точек для этих районов кроется в условиях освещенности при проведении опыта. Большая освещенность поверхности моря дает и больший коэффициент κ , что подтверждается графиком рис. 5. График

построен на основании только данных Пуля и Аткинса. Несмотря на наличие связи между этими величинами, установить ее достоверный характер при таком значительном разбросе точек обычными методами обработки экспериментальных данных было бы не совсем правильно. Поэтому пока условно проведена некоторая пунктирная линия.

Знание количественной стороны закона изменения величины k важно, поэтому остановимся на ее анализе более подробно.

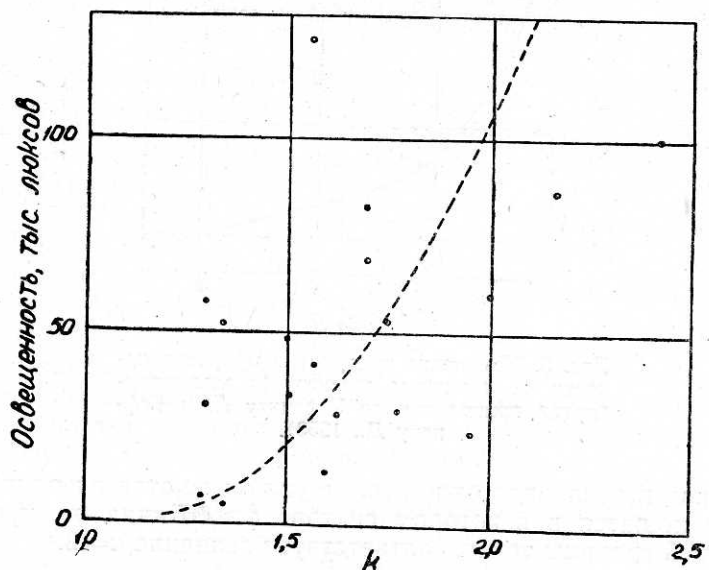


Рис. 5. Связь освещенности (в тыс. люксов) с коэффициентом k (по данным Пуля и Аткинса).

Значительный разброс точек на рис. 5 не может быть объяснен ошибками при определении прозрачности по диску Секки (возможная относительная ошибка $\pm 4-5\%$). Возможная относительная ошибка величины γ при графическом построении средней линии вертикального ослабления света составляет не больше 10% .

Остается последний еще не учитываемый в океанологических исследованиях фактор разброса точек — это состояние адаптации глаза наблюдателя. В самом деле, из формулы (15) видно, что величина k определяется порогом контрастной чувствительности ϵ , который изменяется согласно закону Вебера-Фехнера (см. рис. 3). Изменение ϵ является не чем иным как адаптивным ответом глаза на световой раздражитель. Количественная сторона этого ответа, как показали исследования академика П. П. Лазарева [4], зависит от относительной величины чувствительности глаза наблюдателя в момент проведения опыта. П. П. Лазарев считает, что чувствительность органов зрения меняется не только в течение суток, но и в течение года и даже при смене географического места наблюдения.

Все это сказывается на абсолютном значении величины ϵ , а следовательно, и k .

Учитывая изложенное и обращаясь к рис. 3, можно считать, что пунктирная линия на рис. 5 в полулогарифмическом масштабе должна иметь форму прямой при условии достаточной освещенности (до величины порядка 1 люкса [5]). При дальнейшем падении освещенности скорость уменьшения величины k должна измениться и прямая получит некоторую кривизну, величина которой будет непрерывно меняться при последующем снижении освещенности.

На основании этих предварительных сведений о характере изменения величин k автором в 1957 г. была предпринята их экспериментальная проверка у юго-западного побережья Камчатки. Наблюдение за ходом изменения прозрачности при различной величине горизонтальной освещенности велось при помощи стандартного диска Секки. Освещенность замерялась фотоэлектрическим экспонометром «Ленинград» типа Ю-11.

Сравнительная кратковременность опыта позволяла сократить величину разброса точек, связанную с колебаниями чувствительности глаза наблюдателя.

Принимая во внимание то обстоятельство, что опыты Пуля и Аткинса проводились на той же широте, что и наши, средняя величина k принята равной 1,7. Следует заметить, что в данной задаче начальное абсолютное значение величины k не играет решающей роли. По формуле (3) определена величина γ (0,283) при $Z_0=6$ м. Учитывая, что γ не зависит от абсолютной величины освещенности поверхности моря, расчет значений k проведен при различных Z_0 , полученных из опыта (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Местное время, час—мин	Освещенность горизонтальной площадки, тыс. люксов	Освещенность в % от макси- мальной	Глубина исчезно- вания диска Секки, м	k
13—15	80	100	6	1,7
20—10	48	60,0	5,8	1,64
20—45	32	40,0	5,6	1,58
21—10	8	10,0	5,4	1,53
21—30	4	5,0	5,4	1,53
21—40	3,5	4,4	5,0	1,41
21—52	2,4	3,0	4,9	1,39
22—00	1,2	1,50	4,8	1,36
22—14	0,3	0,37	4,6	1,30
22—30	0,05	0,06	4,1	1,16
22—45	0,016	0,02	3,6	1,02

Примечание. В период всего опыта солнце скрыто высокой сплошной облачностью.

На основании полученных данных построен в полулогарифмическом масштабе график изменения величин k при различной освещенности поверхности моря. Для удобства в последующих расчетах освещенность берется в процентах от максимально наблюдаемой.

Как и следовало ожидать, сокращение времени опыта уменьшило и разброс точек, которые достаточно хорошо легли относительно некоторой прямой. (Относительная ошибка не превышает $\pm 3\%$, что не выходит за пределы точности опыта). Это подтверждает высказанные нами предположения о характере изменения величин k при достаточных условиях освещенности.

В исследованном диапазоне освещенности среды закономерность изменения величин k можно представить эмпирической формулой

$$k = \frac{\lg \frac{Q}{Q_0}}{\mu}, \quad (16)$$

где Q_0 и μ — величины, характеризующие пороговые значения контрастной чувствительности глаза наблюдателя (в нашем опыте $Q_0 = 7 \cdot 10^{-8}\%$; $\mu = 5,25$).

На основании закона Вебера-Фехнера из опытов над глазом человека можно продолжить нашу прямую линию до значений относительной освещенности порядка 10^{-3} .

Если же исходить из особенностей зрения рыб, приспособленного к условиям крайне низкой освещенности, то прямую линию следует продолжить еще дальше. Где-то при весьма низких значениях относительной освещенности прямая должна получить изгиб по типу кривой рис. 3. Если же прямую линию продолжить до пересечения с осью абсцисс, то следует иметь в виду, что где-то в условиях очень низкой освещенности в определении k начинает накапливаться систематическая ошибка, которая закономерно возрастает при дальнейшем падении освещенности.

Это последнее обстоятельство мы особенно подчеркиваем потому, что оно будет важно в дальнейшем.

ДАЛЬНОСТЬ ВИДИМОСТИ ДИСКА СЕККИ НА РАЗНЫХ ГЛУБИНАХ.

Допустим, что угасание света происходит благодаря постепенному погружению наблюдателя на некоторую глубину водоема (при постоянной освещенности его поверхности). С изменением освещенности будет меняться и величина k . Этот процесс будет проходить тем энергичнее, чем меньше прозрачность водоема (при постоянной скорости опускания на глубину).

Но можно ли в данном случае воспользоваться графиком изменения коэффициента k ? Ведь спектральный состав дневного света меняется с глубиной благодаря его избирательному рассеянию и поглощению. Опыты Р. Н. Иванова [3] опровергают это сомнение и доказывают, что в различном монохроматическом освещении абсолютная величина k не меняется.

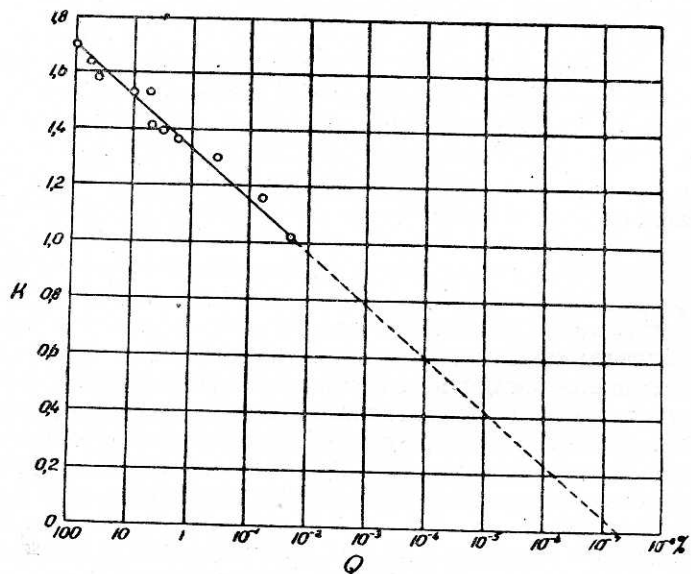


Рис. 6. Изменение величины k в зависимости от относительной освещенности поверхности моря.

Располагая данными рис. 6, нетрудно построить номограмму дальности видимости диска Секки на разных глубинах. Для этого предварительно построим рабочую номограмму убыли света при различных показателях вертикального ослабления γ (рис. 7).

Построение искомой номограммы осуществляется по следующей схеме. Задаемся какой-либо величиной γ . По номограмме (рис. 7) определяем относительную освещенность на глубине h . Определяем по

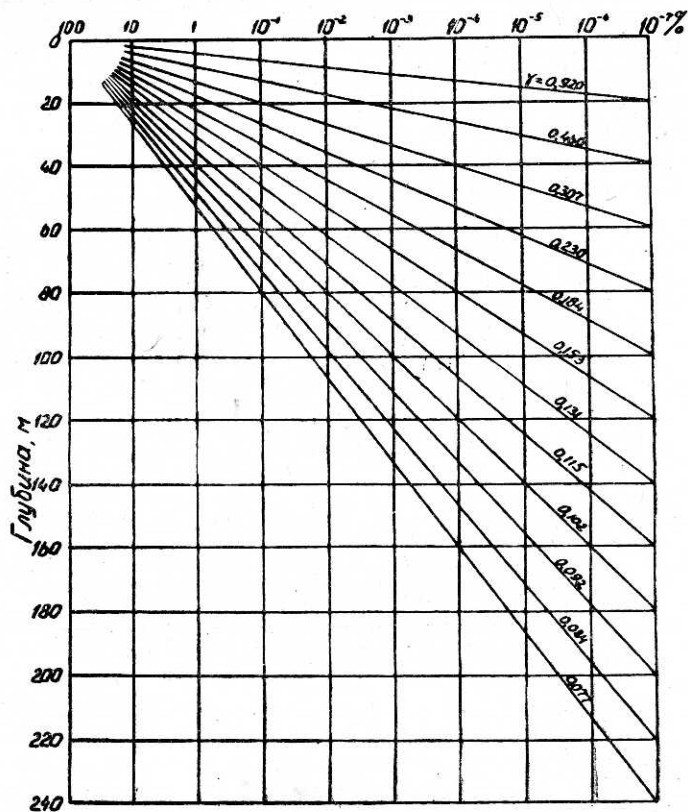


Рис. 7. Вертикальное ослабление света при различных γ .

графику рис. 6 соответствующую данной относительной освещенности величину k . Зная искомые две величины, определяем дальность видимости диска на глубине h по формуле (3), т. е.

$$Z = \frac{k}{\gamma}.$$

Проведя аналогичные расчеты для различных глубин и k , получаем искомую номограмму (рис. 8). Особенностью этой номограммы является то, что она остается без изменений при любых значениях k , соответствующих максимальной освещенности. Мы приняли эту величину равной 1,7, но могли бы взять и 2 и 1,4 и любое другое значение. Номограмма рис. 8 от этого не изменилась бы. Эмпирическая формула номограммы

$$Z = -0,09 h + Z_0. \quad (17)$$

Удобство полученной номограммы состоит и в том, что для определения дальности видимости диска Секки на данной глубине нет надобности знать ни освещенность в момент опыта, ни показатель вертикального ослабления в пункте наблюдения. Достаточно опустить с борта судна диск Секки и определить глубину его исчезновения Z_0 , чтобы судить о дальности его исчезновения на глубине h . Например, если при замере с борта судна диск исчезает на глубине 20 м, то на глубине 100 м он будет исчезать с расстояния 11 м.

Проведенные расчеты основаны на том, что на разных глубинах диск сохраняет ту же ориентацию относительно глаза наблюдателя, что и у поверхности моря.

Однако, как известно из литературы по оптике моря, свет в толще воды распространяется не равномерно по всем направлениям, а почти целиком вперед, т. е. в направлении падающих лучей. Следовательно, различно ориентированная к световому потоку поверхность диска Секки будет иметь и различные величины яркости B_0 и B (см. формулу (14), отсюда должна меняться и дальность видимости Z .

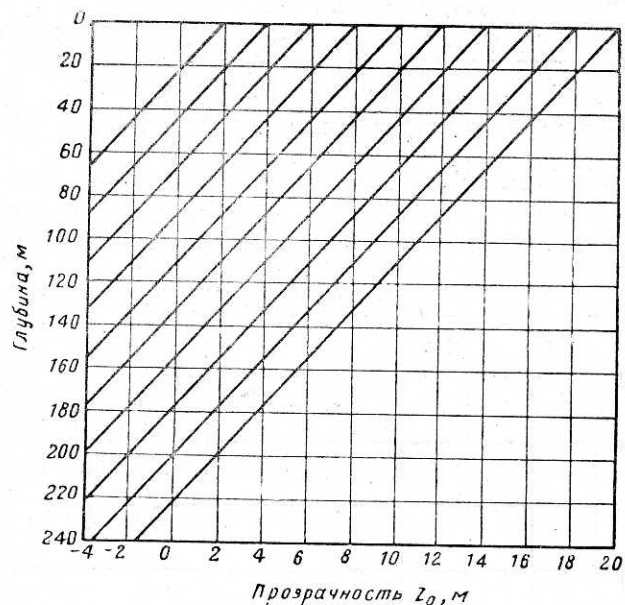


Рис. 8. Предельная дальность видимости диска Секки на разных глубинах.

Автором на одном из озер Калининской области были проведены наблюдения за дальностью исчезновения диска, различно ориентированного к глазу наблюдателя и по отношению к Солнцу. Наблюдения велись как с борта шлюпки, так и под водой. Для зрения под водой была использована обычная маска со стеклом, применяемая в подводном спорте. Горизонтальная дальность видимости диска замерялась при помощи веревочного линия. Наблюдения велись на глубине исчезновения диска при замерах с борта шлюпки (1,5—2 м). Ориентация и поддержание диска на нужной глубине осуществлялись помощником.

В результате удалось установить, что максимальная горизонтальная подповерхностная дальность видимости диска равна вертикальной дальности видимости при замерах с борта шлюпки. Подобная горизонтальная дальность видимости диска имеет место в том случае, когда помощник, поддерживающий диск, находит ему такое положение, при котором, приняв на свою поверхность основной поток света, диск отражает его в сторону глаза наблюдателя. При всех других положениях дальность видимости диска Секки сокращалась на 30—40%.

На основании сказанного можно сделать вывод, что номограмма рис. 8 справедлива и при горизонтальной оси зрения наблюдателя, но при условии, что диск отражает основной поток лучей в его сторону. В противном случае дальность видимости диска будет меньше.

Такова сущность методики определения величины предельной дальности видимости Z , получаемой наблюдателем под водой. Для нахождения ее абсолютной величины построена номограмма рис. 8, исходя из значений порога контрастной чувствительности глаза человека. Допуская возможность того, что глаз глубоководных рыб имеет несколько большую пороговую контрастную чувствительность, абсолютные значения дальности видимости диска на разных глубинах для этих рыб будут несколько большими, хотя общий закон изменения дальности видимости на разных глубинах останется тем же, что и для глаза человека.

Ранее отмечено, что наклонная линия (рис. 6) где-то при очень низких значениях относительной освещенности должна изгибаться, асимптотически приближаясь к оси абсцисс. Сознательно допуская при этих критических условиях освещения возникновение систематически возрастающей ошибки, мы, очевидно, получим несколько заниженные цифры дальности видимости. Там, где по расчетам дальность видимости равна нулю, на самом деле рыбы еще на каком-то незначительном расстоянии продолжают видеть. Для учета этой ошибки ось абсцисс (рис. 8) продолжена влево от нулевой ординаты, показывая отрицательные значения дальности видимости диска. Эти отрицательные значения носят условный характер и служат средством учета систематической ошибки в условиях малой освещенности.

ОБ ОПТИМАЛЬНЫХ ВЕЛИЧИНАХ ДАЛЬНОСТИ ВИДИМОСТИ

Ранее отмечалось, что уловистость трала зависит от расстояния, с которого рыба воспринимает его приближение. Данные Т. Б. Багенала [17] показывают, что в темное время суток уловистость трала падает даже при ловле тех рыб, которые не совершают вертикальных миграций. Это говорит о том, что для успеха лова необходимо, чтобы рыба в какой-то мере видела приближающийся трал. В то же время восприятие рыбой трала на излишне больших расстояниях (в условиях хорошей прозрачности и освещенности) приводит к тому, что она успеваает уйти из зоны облова. Есть основание считать, что у рыб существует оптимальная величина Z , при которой уловистость трала будет максимальной. Это явление хорошо иллюстрируется опытными данными Ютака Имамуре и Мичио Окура [20].

Авторы в аквариальных условиях имитировали работу невода, применяемого на близнецовом лове. Вместо крыльев на модели использовали голые урезы, подвязывая к ним плоские продолговатые дощечки. Дощечки подвязывались только за один конец, количество их менялось во время опытов. Назначение дощечек состояло в отпугивании рыбок от уреза. Те рыбки, которые оказывались позади уреза, считались пойманными. Опыты производились над 6-сантиметровыми карпами (*Surginus carpio* Z.). Одновременно ставились опыты по определению влияния освещенности среды и скорости буксировки модели на ее уловистость.

Каждый опыт повторялся 10 раз. Ниже приводим результаты этих опытов.

Влияние скорости буксировки модели на ее коэффициент уловистости k

Скорость буксировки, см/сек	Коэффициент уловистости, %
4	65
5	96
8	91
16	77
27	46
40	11

Данные указывают на наличие оптимальной скорости буксировки модели.

Влияние количества дощечек на коэффициент уловистости модели

Количество дощечек	Коэффициент уловистости, %
167	97
83	76
0	1

Влияние освещенности среды на коэффициент уловистости модели

Освещенность, люкс	Коэффициент уловистости, %
150	94
75	96
50	94
30	93
10	91
0	44

Результаты подобных аквариальных исследований по поведению рыб в зоне облова представляют большой интерес. Правда, абсолютные значения числовых величин, характеризующих поведение рыб, можно рассматривать лишь условно.

Из приведенных данных видно, что чем гуще подвешиваются дощечки к урезам невода, тем у рыб создается большее «впечатление» непреодолимости препятствия и тем они лучше сгоняются неводом. При постоянном числе дощечек и максимальной освещенности часть рыбок все же уходит. При снижении освещенности рыбки начинают хуже ориентироваться — уловистость модели возрастает. При дальнейшем падении освещенности среды рыбы хуже воспринимают отпугивающие дощечки, их сгоняющее действие снижается, что вновь ведет к падению уловистости модели. Эти особенности в поведении рыб говорят о наличии оптимума освещенности.

Опыты с различными показателями освещенности среды проводились при прочих постоянных условиях. Но аналогичного эффекта можно было бы добиться и другим путем. Для этого можно оставить постоянной освещенность среды, а менять ее прозрачность. В условиях хорошей прозрачности часть рыб уходила бы из зоны облова. При снижении прозрачности рыба ориентируется хуже, что привело бы к увеличению уловистости модели. При очень низкой прозрачности рыбы еще больше теряют ориентировку, что снижает сгоняющую способность дощечек на урезе, а следовательно, и уменьшает уловистость модели.

В природных условиях при лове рыбы меняется как освещенность, так и прозрачность среды. Моделирование этого явления с целью получения условий, обеспечивающих максимальную уловистость орудия лова, нецелесообразно, так как в результате будет получено бесчисленное множество частных случаев оптимальной уловистости модели рыболовного орудия. Следует заметить, что рыба, помещенная в искусственные аквариальные условия, даст иную количественную реакцию на внешнее раздражение, чем это имеет место в естественных условиях. Более того, как показывает табл. 3, рыба даст также иной количественный ответ на раздражение от модели орудия по сравнению с тем, что было бы получено в естественных условиях рыболовства.

Проведение по методике японских аквариальных наблюдений опытов в естественных условиях (с борта подводной лодки или при погружении в водолазном костюме) также ненадежно, так как к обычному раздражению от трала рыбы получают дополнительное раздражение и от самого наблюдателя, что может серьезно изменить картину поведения рыб.

Вернемся к формуле (14). Допустим, что данным оптимальным условиям уловистости соответствует величина $Z_{\text{опт}}$, т. е.

$$Z_{\text{опт}} = \frac{-\ln\left(\frac{\varepsilon'}{1 - \frac{B_0'}{B'}}\right)}{\gamma'}$$

Ту же величину $Z_{\text{опт}}$ можно получить, если учесть, что при смене освещенности среды меняется и величина чувствительности глаза наблюдателя, став равной ε'' . Компенсировать это изменение можно за счет смены прозрачности среды соответствующей γ'' , тогда

$$Z_{\text{опт}} = \frac{-\ln\left(\frac{\varepsilon''}{1 - \frac{B_0''}{B''}}\right)}{\gamma''}$$

Следовательно, для сохранения оптимальных условий уловистости орудия лова со сменой освещенности необходимо менять место лова (прозрачность, глубину). Величина Z может послужить тем критерием, благодаря которому можно учитывать колебания уловистости трала; $Z_{\text{опт}}$, при котором данная конструкция трала при постоянной скорости траления допускает минимальный процент ухода рыбы из зоны облова будем называть **оптимальным критерием уловистости**.

Возвратимся вновь к цели нашей работы, связанной с определением причинности неустойчивых промыслов уловов трески в водах Камчатки. В рассматриваемом случае — это летний траловый промысел.

Анализ промысловых карт, составленных проф. П. А. Моисеевым [6] на основании обработки 20,5 тыс. тралений, проведенных у обоих побережий Камчатки, показал, что подавляющее большинство промысловых уловов трески было получено в диапазоне $Z=0,5 \div 3,5$ м. Максимальные уловы соответствовали величинам $Z_{\text{опт}} \simeq 2$ м.

Наличие связи между промысловыми уловами трески и величинами критерия уловистости Z может быть представлено в более наглядной форме.

Располагая картой прозрачности (по диску Секки) Западно-Камчатского материкового склона [22], автор, пользуясь формулой (17), построил теоретический контур района, где большую часть дня трал будет работать в диапазоне промысловых значений $Z=0,5 \div 3,5$ м. Теоретический контур был нанесен на карту, где были отмечены наиболее часто встречающиеся промысловые уловы трески. Промысловая карта заимствована из того же японского источника (рис. 9, 10).

Имея в виду, что при составлении карт прозрачности, а также при оконтуривании промыслового района допускаются известные неточности, полученное совпадение теоретического и промыслового контуров можно считать удовлетворительным. Это подтверждает наличие прямых связей между дальностью видимости эталонного предмета на глубине лова (критерия уловистости) и колебанием уловистости трала.

Аналогичные сопоставления были проделаны по всему Камчатскому рыбопромысловому бассейну, включая Олюторский и Анадырский заливы. Повсеместно было отмечено совпадение теоретических и промысловых контуров.

Построение теоретического контура осуществлялось методом проведения серии разрезов. На рис. 11 представлен образец построения разреза. При построении графика удобнее задаваться целыми числами Z , рассчитывая их глубину по видоизмененной формуле

$$h = \frac{Z_0 - Z}{0,09}.$$

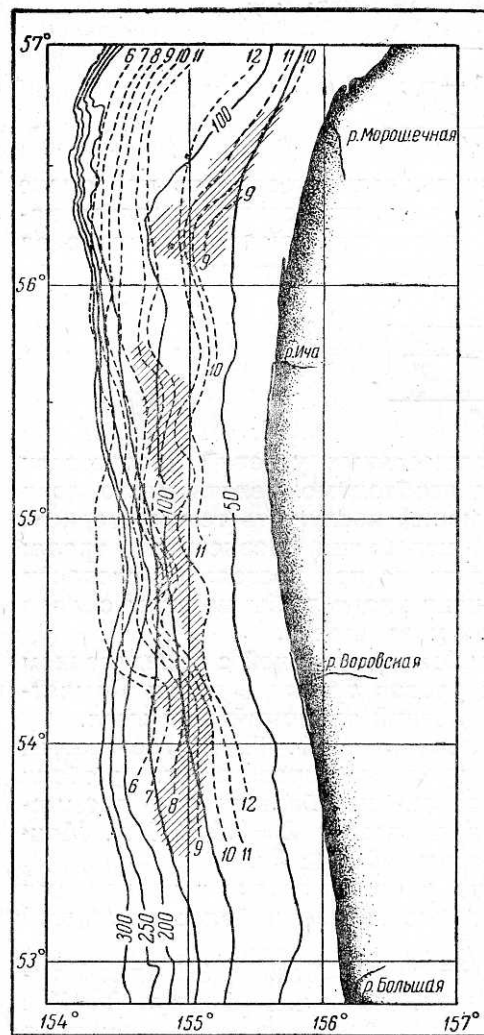


Рис. 9. Район промысловых уловов трески (заштриховано) у западного побережья Камчатки (по Маеда Татзуаки):
 ————— — изобата;
 ————— — прозрачность по диску Секки.

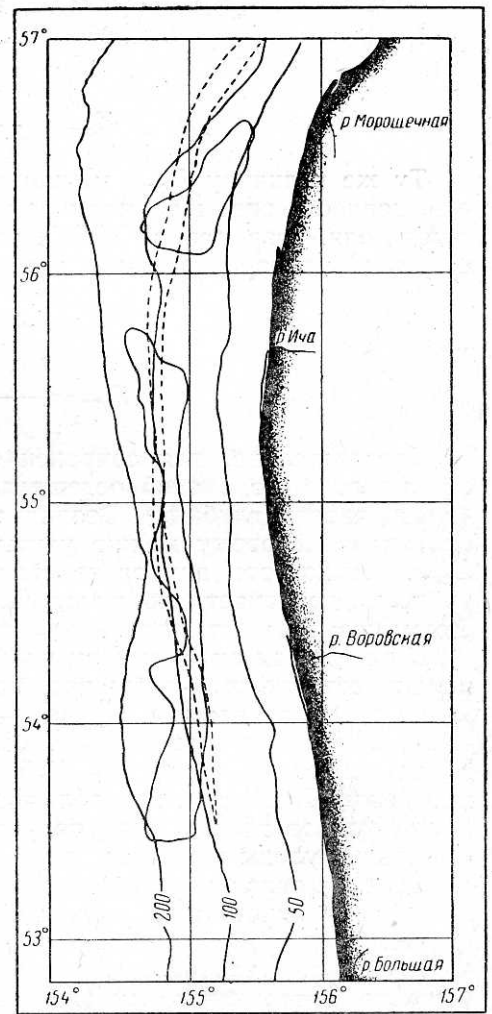


Рис. 10. Сопоставление промыслового и теоретического контуров района промысла: ————— — район промысловых уловов трески; ————— — район с благоприятными для уловистости трала условиями.

Места на разрезах, где линии $Z=0,5$ м и $Z=3,5$ м соприкасаются с грунтом, в плане промысловой карты отмечаются точками. При построении серии разрезов аналогичные точки соединялись в плане пунктирными линиями. Это создавало контур района, где величина уловистости трала способна обеспечить промысловые уловы.

Из рис. 10 и 11 видно, что ширина промыслового контура несколько больше нашего теоретического. Дело в том, что по японским данным

промысловым уловом за часовой траление считается 1—3 ц, что почти в два раза ниже нашего понятия о промысловом улове. Поэтому японские промысловые уловы соответствуют большому диапазону величин Z .

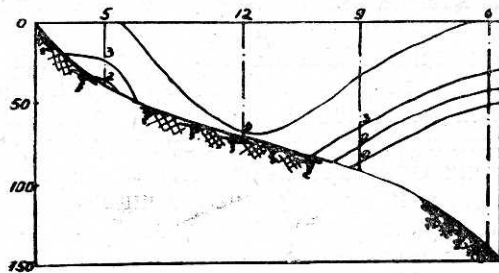


Рис. 11. Образец построения разреза (западное побережье Камчатки).

Отсюда понятно и видимое расхождение в ширине сравниваемых контуров. Такого расхождения при сопоставлении отечественных данных не наблюдалось.

ВЫВОДЫ

1. В результате исследования причин отсутствия стабильных промысловых уловов (от 5 до 60 ц за часовой траление) трески в водах Камчатки установлено, что наряду с характерными для данного вида трески биологическими факторами, особенностями техники и организации лова одной из определяющих причин, отражающихся на эффективности промысла, явилось колебание уловистости трала.

2. Колебания уловистости трала находятся в связи с изменениями освещенности и прозрачности воды в месте траления. Связь этих величин может быть учтена формулой

$$Z = Z_0 - 0,09 \cdot h,$$

где Z_0 — глубина исчезновения диска Секки при замерах с борта судна, м;

h — глубина места траления, м;

0,09 — эмпирический коэффициент;

Z — критерий уловистости, м.

Величина Z может быть как положительной, так и отрицательной. Отрицательные значения Z появляются в связи с систематически возрастающей в формуле ошибкой, которая объясняется особенностями работы органов зрения наблюдателя в условиях малой освещенности.

Величина критерия уловистости, при которой минимальное количество рыб уйдет из зоны облова тралом, называется оптимальным критерием уловистости $Z_{\text{опт}}$.

В каждой точке лова величина Z изменяется в течение суток в связи с изменением величин Z_0 . Поэтому время облова скоплений трески при оптимальной уловистости трала ограничено, самая малая продолжительность $Z_{\text{опт}}$ сопутствует тралениям в утренние и вечерние часы.

3. Данные научно-промысловых экспедиций показали, что донные скопления трески в водах Камчатки обнаруживаются в широком диапазоне величин критерия уловистости (от $Z = -6$ м до $Z = 11$ м). Однако наилучшие уловы имеют место при $Z_{\text{опт}} \approx 2$ м.

4. Районы с величинами $Z_{\text{опт}}$ простираются узкими полосами вдоль материкового склона. Проводить траления в таких районах сложно.

В процессе траления траулер будет уклоняться от места с величинами $Z_{\text{опт}}$. Чем значительно изменится при этом величина Z , тем с меньшей эффективностью будет облавливаться треска. Допустимым отклонением, при котором все же были получены промысловые уловы трески, является величина $Z = \pm 1,5$ от $Z_{\text{опт}}$.

5. Траловый лов трески, проводимый в прошлом в водах Камчатки на разных глубинах h , при различной прозрачности Z_0 в разное время суток и на различных концентрациях трески осуществлялся без учета колебаний уловистости трала. В связи с этим траулер только случайно оказывался в условиях благоприятного сочетания максимальной величины уловистости трала и промысловой концентрации трески. В том случае, когда траулер фиксировал это место бумом, высокие уловы были непродолжительны в связи с положением п. 2.

6. Вследствие большей продолжительности дня в северных широтах (летом) Z_0 (следовательно и $Z_{\text{опт}}$) более устойчива в течение суток, чем в южных. В северных широтах капитану легче обловить обнаруженную концентрацию трески, работая у буя или пользуясь каким-либо другим методом точной обсервации судна. По этой причине устойчивость, а отсюда и результативность тралового лова трески в Анадырском заливе оказалась более высокой, чем в южных районах Камчатского бассейна. Этим объясняется большая устойчивость промысловых уловов трески (на относительно устойчивых ее концентрациях), например в Баренцевом море по сравнению с Анадырским заливом, который расположен южнее.

7. В связи с тем, что величина критерия уловистости в районе обнаруженных скоплений трески в течение суток изменяется, метод работы траулера у одного буя как способ получения устойчивых уловов в условиях Камчатского рыбопромыслового бассейна не применим. Он обрекает траулер на заведомо неустойчивые уловы даже при хороших промысловых концентрациях трески.

Подвижность условий (во времени и пространстве), благоприятных для уловистости трала, требует «гибкой» тактики лова, связанной со сменой места тралений. Это может быть достигнуто работой не у одного, а у серии буюв, каждый из которых должен соответствовать определенному месту и времени суток.

8. Иллюстративный материал настоящей работы (сопоставление теоретических и промысловых карт районов промысла) был основан на формальном построении теоретических контуров районов, благоприятных для ведения тралового лова. Предполагалось, что треска образует промысловые скопления по всему материковому шельфу Камчатского бассейна. Повсеместное совпадение теоретических и промысловых контуров районов лова подтверждает справедливость сделанного предположения.

9. Промысловые карты прошлых экспедиций строились на основании оконтуривания районов с наиболее часто встречающимися промысловыми уловами трески за относительно продолжительный период времени (по месяцам). Если учесть, что треска даже в течение месяца совершает некоторые перемещения по материковой отмели, то формальный поиск скоплений трески, руководствуясь только нахождением места с величинами $Z_{\text{опт}}$, недопустим.

Не исключая общепринятых методов поиска рыбы, метод работы с учетом колебаний величин критерия уловистости Z является их необходимым дополнением и способствует получению более объективного промыслового материала.

Недостаточная изученность колебаний уловистости трала при попытках тралового лова трески в водах Камчатки привела к ошибочным представлениям о бедности ее сырьевой базы и отсутствии устойчивых промысловых концентраций.

10. Изложенная методика оценки колебаний уловистости трала применима и в других бассейнах. Однако в каждом частном случае необходимо определить оптимальную величину критерия уловистости $Z_{\text{опт}}$, так как он зависит от биологической специфики объекта, района и сезона лова.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гершун А. А. Успехи гидрооптики. «Морской сборник» № 22. Л., Военмориздат, 1939.
2. Зверев А. С., Кирюхин Б. В., Кондратьев К. Я., Селезнева Е. С., Тверской П. Н., Юдин М. И. Курс метеорологии. Л., Гидрометеоздат, 1951.
3. Иванов Р. Н. К теории диска Секки. «Журнал геофизики». Т. VI. Вып. 2 и 3, 1936.
4. Лазарев П. П. Современные проблемы биофизики. Изд. АН СССР. М.-Л., 1945.
5. Мартин Л. Введение в прикладную оптику. Л.-М., Главная редакция литературы по машиностроению и металлообработке, 1935.
6. Моисеев П. А. Треска и камбалы дальневосточных морей. Известия ТИНРО. Т. 40. Владивосток, 1953.
7. Оболенский В. Н. Курс метеорологии. Гидрометеоздат, Москва—Свердловск, 1944.
8. Пискун В. Ф. Новый метод определения дальности видимости и коэффициента экстинкции света в приземном слое атмосферы. «Метеорология и гидрология» № 4, М.-Л., Гидрометеоздат, 1938.
9. Тимофеева В. А. К вопросу о распределении яркости в море. ДАН СССР, 76. № 5 и 6, 1951.
10. Тимофеева В. А. Зависимость между коэффициентом рассеяния направленного светового потока и коэффициентом ослабления предельно рассеянного света в мутных средах. Изд. АН СССР, Серия Геофизическая № 2, 1957.
11. Тимофеева В. А. Распространение света в море. Тр. Морск. гидрофизического ин-та. Т. XI, Изд. АН СССР, М., 1957.
12. Трофимов А. Затухание дневного света в верхних (0—70 м) горизонтах Каспийского моря. «Метеорология и гидрология» № 3., М.-Л., Гидрометеоздат, 1938.
13. Уорсинг А. и Геффнер Д. Методы обработки экспериментальных данных. М., Изд. иностр. литер., 1953.
14. Шаронов В. В. Определение коэффициента прозрачности воздуха из глазомерных оценок яркости далеких предметов. «Метеорология и гидрология» № 6, М.-Л., Гидрометеоздат, 1939.
15. Шулейкин В. В. Физика моря. М., Изд. АН СССР, 1953.
16. Atkins W. R., Poole H. H. The angular scattering of blue, green and red light by sea water. The scientific proceedings of the royal dublin society. Vol. 26, No. 18, 1954.
17. Bagenal T. B. An Analysis of the Variability Associated with the Vigneron-Dahl of the Otter Trawl by Day and Night and a Discussion of its Action. Journal du conseil. Vol. XXIV, No. 1, 1958.
18. Clarke L. G. Variation in the transparency of three areas of the Atlantic throughout the Year. Ecology. Vol. 20, No. 4, oktober, Printed USA, 1939.
19. Clarke L. G. The Utilisation of solar energy by aquatic organisms. The American Association for the Advancement of scienc. No. 10, 1939.
20. Imamura Jutaka and Ogura Michio. Study on the effects of the fish-gathering by means of Furinawa. «Bullitin of the Japanese Society of Scientific Fisheries». Vol. 23, No. 3, Tokyo, 1957.
21. Jerlov N. G. Optical studies of ocean waters. Reports of the Swedish deepsea expedition. Vol. III, No. 1, Göteborg, 1948.
22. Maeda Tatsuaki. On the trawl Fishing Ground of the West Coast of the Kamchatka Peninsula. Bulletin of the faculty of fisheries Hokkaido university. Vol. 9, No. 2, 1958.
23. Poole H. H., Atkins W. Further photo-electric measurments of the Penetration of light into seawater. «Journal of Marine Biological Association». Vol. XY, No. 2, 1928.
24. Poole H. H. and Atkins W. P. Photo-electric Measurments of Submarine Illumination throughout the Year. «Journal of Marine Biological Association». Vol. XVI, No. 1, 1929.