

**ВИДИМОСТЬ СЕТНЫХ ОРУДИЙ ЛОВА В ВОДЕ В СВЯЗИ  
С ИХ УЛОВИСТОСТЬЮ**

В. Н. МЕЛЬНИКОВ

**ЗНАЧЕНИЕ ВИДИМОСТИ СЕТНЫХ ОРУДИЙ ЛОВА**

Важнейшей задачей рыбохозяйственной науки является повышение эффективности рыболовства путем совершенствования старых и создания новых орудий лова. Такая задача может быть успешно решена лишь на основе глубокого изучения свойств и качеств орудий лова.

Во многих случаях поведение рыбы в зоне действия орудий лова связано со зрительной реакцией рыб. Об этом свидетельствует практика промышленного рыболовства и специальное изучение поведения рыб в зоне действия орудий лова. Многие исследователи считают зрение рыб, обитающих в освещенной зоне, одним из важнейших рецепторов, при помощи которого они ориентируются в окружающей обстановке. В связи с этим видимость орудий лова (в воде) может определять успешность лова.

Особое значение имеет видимость обьячеивающих орудий лова, так как процесс обьячеивания наступает преимущественно в тех случаях, когда рыба не замечает сетной стенки. Многочисленные эксперименты, проведенные за последние 50—60 лет в различных странах, показали, что мало заметные в воде сети (при удачной окраске, малой прозрачности воды и освещенности на глубине лова) ловят рыбу значительно успешнее, чем хорошо заметные.

В стационарных орудиях лова направляющее действие крыла и направляющее и удерживающее действие остальных частей этих орудий лова в значительной степени зависит от их видимости.

На связь между видимостью крыла и его направляющим действием указывает Ф. И. Баранов [14]. Это же подтверждают данные наблюдений за поведением рыбы. По наблюдениям Н. Е. Аслановой [10], в достаточно прозрачной воде рыба идет вдоль крыла ставного невода. В мутных водах Северного Каспия направляющее действие крыла меньше, и рыба не совершает продолжительных направленных перемещений вдоль сетной стенки.

Ф. И. Баранов [14] отмечает, что прозрачность воды влияет на оптимальную длину крыла ставного невода и в подтверждение приводит данные Ф. В. Аверкиева о том, что в более прозрачной воде больший эффект дают крылья большей длины. Ф. И. Баранов в цитированной работе, обосновывая параметры входного отверстия двора, указывает, что ширина входного отверстия и угол конусности зависят, в частности, от видимости этих частей орудий лова.

По данным В. С. Ивакина [29], П. И. Егорычева [28], Ф. В. Аверкиева [2] существует зависимость между видимостью сетного полотна двора и котлов ставных неводов и их оптимальными размерами.

А. В. Лестев [39] пишет, что ячею крыла ставных неводов на Дальнем Востоке берут такой, что она не составляет механического препятствия для рыбы, в то время как в других водоемах применяют ячею меньших размеров. Такая разница объясняется различной прозрачностью воды, а следовательно, разной видимостью крыла.

А. Ф. Пономарев [48] указывает на основании результатов лова ставными неводами на Мурманском побережье, что неокрашенные невода дают уловы в десятки раз ниже, чем окрашенные в синий или коричневый цвет.

В отечественной и зарубежной литературе встречаются указания о необходимости окрашивать дель разноглубинных тралов в синий или красный цвет.

С. Б. Гюльбадамов [25], ссылаясь на Н. Н. Данилевского, отмечает, что уловы разноглубинным тралом белого цвета в передней части были почти вдвое выше уловов тралом коричневого цвета.

Блэкстер, Пэрриш и Мидоу [69], исследовавшие реакцию сельди на движущиеся предметы, отмечая преобладающую роль зрительной реакции рыбы в восприятии предметов, указывают, что видимость оснастки трала влияет на ее отпугивающую способность и что переднюю часть трала необходимо строить из хорошо видимого материала.

Кроме того, они отмечают возможное влияние видимости сетного полотна на отбирающую способность ячеи.

С. Б. Гюльбадамов считает дальность видимости элементов разноглубинного трала одним из основных факторов, влияющих на размеры отдельных частей трала, и вводит эту величину в соответствующие расчетные формулы.

О влиянии видимости кошелькующихся и притоняемых орудий лова на их уловистость известно меньше из-за слабой изученности этого вопроса. Но некоторые данные говорят о существовании такого влияния.

Так, Б. П. Мантейфель и Л. А. Чайнова [42] и ряд других авторов указывают, что с уменьшением освещенности уловы кошельковыми неводами увеличиваются. Практика каспийского рыболовства показывает, что закидные невода лучше ловят в мутной воде, чем в прозрачной.

Очевидно, кроме прочих причин, повышенная уловистость при этом объясняется слабой видимостью сетного полотна орудий лова.

Таким образом, можно сказать, что успешность работы всех орудий лова в той или иной степени зависит от их видимости.

Как следует из изложенного, недостаточно ограничиваться удовлетворением условия оптимальной видимости орудия лова и отдельных его частей. Следует учитывать также влияние видимости орудий лова на их размеры и конструкцию.

В некоторых случаях для определения оптимальных размеров и конструкции орудий лова достаточно знать только преимущественную дальность видимости элементов орудий лова, зависящую от свойств зрения рыбы и целого ряда объективных факторов.

Однако чаще выбор оптимальных размеров и конструктивное оформление частей орудий лова возможно лишь в результате изучения поведения рыбы в зоне действия орудий лова. При этом очень важно оценить фотометрическую характеристику раздражителя, определяемую в нашем случае фотометрическими свойствами элементов орудий лова, световым режимом на глубине лова и прозрачностью воды. Без этого результаты изучения поведения рыбы нельзя считать полноценными и сравнимыми с другими подобными исследованиями.

Проблему видимости орудий лова в связи с их уловистостью можно разбить на ряд разделов.

1. Выбор способа оценки видимости и установление параметров и факторов, характеризующих видимость элементов орудий лова.

2. Создание методов расчета видимости и оптимальной окраски орудий лова.

3. Установление характера и степени влияния различных факторов на видимость орудий лова и их оптимальную окраску.

4. Изучение свойств зрения рыб и установление величин, характеризующих зрительную способность основных промысловых рыб в различных условиях.

5. Изучение влияния видимости орудий лова на поведение рыбы в зоне их действия.

6. Установление качественной и количественной связи между видимостью орудий лова и их уловистостью.

7. Проектирование орудий лова с учетом влияния видимости элементов орудий лова на поведение рыбы.

Таким образом, проблема охватывает широкий круг вопросов. Слабая изученность проблемы применительно к практике промышленного рыболовства связана, во-первых, с недооценкой влияния видимости орудий лова на их уловистость; во-вторых, с принадлежностью отдельных вопросов проблемы к различным отраслям знаний.

В предлагаемой работе мы останавливаемся на трех первых вопросах проблемы, уделяя особое внимание методу расчета относительной видимости и оптимальной окраски орудий лова.

Относительно изученности разбираемого вопроса можно сказать следующее.

1. Хотя влияние видимости орудий лова на их уловистость установлено давно [75], [78], начало систематическому изучению видимости орудий лова положил проф. Ф. И. Баранов [13], который дал ряд теоретических положений, касающихся окраски сетного полотна наименьшей видимости в воде, и проверил эти положения на практике.

2. В дальнейшем, в течение примерно 30 лет, работа по данному вопросу сводилась к изучению влияния окраски сетного полотна на уловистость объясняющих орудий лова сравнением уловов сетей различной, обычно произвольной, окраски. Результаты этих исследований обобщены в двух работах Н. Н. Андреева [5], [6]. Несмотря на определенную ценность рекомендаций и выводов, данных в работах, они не могут удовлетворить практику промышленного рыболовства по ряду причин:

а) рекомендации по окраске сетей в различных промысловых бассейнах сделаны на основании экспериментов, которые давали возможность получить лишь сравнительную характеристику уловистости сетей различной окраски и которые не устанавливали, является ли окраска сетей с наибольшей уловистостью оптимальной или нет;

б) рекомендации по окраске сетей даны, как правило, не для определенных условий промысла, а для данного района лова, в пределах которого оптимальная окраска сетного полотна может значительно изменяться в пространстве и времени;

в) цвету сетного полотна не дается точная характеристика;

г) отсутствуют не только количественные, но и качественные зависимости, связывающие окраску сетного полотна и условия лова.

3. За последние годы в основном в связи с развитием дрифтерного лова в Северной Атлантике проведен ряд экспериментальных работ по выявлению оптимальной окраски сетного полотна объясняющих орудий лова и опубликован ряд статей с попытками дать теоретическое обоснование окраске сетного полотна наименьшей видимости в воде.

Так, Ю. В. Кадильников [32], так же как и иностранные авторы [70], [80], доказывает необходимость окрашивать сети «под цвет воды».

Ю. А. Изнанкин [31] делает попытку связать количественно окраску сетного полотна наименьшей видимости в воде и световой режим на глубине лова.

Однако как Ю. В. Кадильников, так и Ю. А. Изнанкин не учитывают условий образования контраста в воде между сетным полотном и фоном, на котором его видит рыба, поэтому результаты их работ нельзя считать решением задачи об определении окраски сетного полотна наименьшей видимости в воде.

Вопрос же о количественной, или хотя бы качественной оценке видимости и количественной оценке изменения окраски оптимальной видимости элементов орудий лова под влиянием различных факторов не ставился вообще.

### СПОСОБЫ ОЦЕНКИ ВИДИМОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ОРУДИЙ ЛОВА

Видимость любого объекта, в том числе и элемента орудия лова в воде, может быть оценена как относительно — величиной видимого контраста  $K$  объекта различения с фоном, так и абсолютно — коэффициентом видимости  $v$  или дальностью видимости  $l$ .

Абсолютная оценка видимости орудий лова является наиболее полной, так как учитывает не только фотометрические свойства его поверхности, световой режим в точке наблюдения, мутность среды, но изменяющиеся свойства зрения.

Рассмотрим, насколько каждый из указанных способов приемлем для оценки видимости элементов сетных орудий лова, принимая при этом во внимание назначение элементов, требования к ним в отношении видимости, учитывая наши знания о зрительной способности рыб и т. д.

Сетные стенки по своему назначению делятся на объячеивающие, задерживающие и направляющие.

К объячеивающим стенкам, как правило, предъявляются требования наименьшей видимости в воде. Но иногда лов объячеивающими орудиями лова основан и на привлечении рыбы сетной стенкой, как например, в случае розовой окраски сетей. При проектировании объячеивающих орудий лова круг вопросов, связанных с видимостью, сводится к определению окраски сетного полотна, наименьшей видимости в воде которой соответствует наименьшая величина контраста, или привлекающей окраски путем изучения цвета объекта привлечения; кроме того, подбирается соответствующий посадочный коэффициент и диаметр сетной нити с учетом влияния этих факторов на другие качества орудий лова.

Знать дальность видимости сетной стенки в этом случае нет необходимости. При изучении поведения рыбы у сетных стенок этого типа само понятие «дальность видимости» имеет условное значение, так как, несмотря на значительную во многих случаях дальность видимости, часть рыб сетной стенки не замечает и попадает в сеть.

Задерживающие сетные стенки бывают двух видов. К первому виду относятся крылья и приводы притоняемых орудий лова и все части кошелькующихся орудий лова. Они представляют механическое препятствие для рыбы или оказывают отпугивающее действие. Влияние видимости механических препятствий на уловистость орудий лова изучено слабо. Такие стенки, видимо, должны быть наименее заметны, чтобы дезориентировать рыбу, затруднить ей выход из орудия лова. Отпугивающие стенки, наоборот, должны быть хорошо видны и их следует использовать в условиях хорошей видимости на глубине лова. Таким образом, задерживающие сетные стенки должны быть наибольшей или

наименьшей видимости, т. е. иметь с фоном наибольший или наименьший контраст за счет соответствующей окраски и посадочного коэффициента сетного полотна. Абсолютная оценка видимости в этом случае не обязательна. На самом деле влияние дальности видимости  $l$  на размеры орудий лова указанного типа невелико, поскольку  $l$  мало по сравнению с размерами орудий лова. Не влияет дальность видимости за редким исключением и на конструктивное оформление задерживающих конструкций. При изучении поведения рыбы у задерживающих стенок обращается внимание на возможные пути выхода рыбы из окруженного сетной стенкой пространства. Знание дальности видимости в этом случае также практически ничего не дает.

Задерживающие сетные конструкции второго вида предназначены для концентрации улова; мотни притоняемых и кошелькующихся орудий лова, кутки тралируемых орудий лова, садки стационарных орудий лова. Видимость конструкций этого типа не имеет особого значения, за исключением садков ставных неводов. Однако наименьшая видимость таких конструкций по тем же соображениям, что и для стенок первого вида, предпочтительнее. Таким образом, видимость задерживающих сетных элементов, за исключением садков ставных неводов, вполне определяется их контрастом с фоном. Для садков ставных неводов важно знать дальность видимости сетных стенок, так как от этого зависит конструктивное оформление и размеры садков.

Направляющие стенки, так же как и задерживающие, могут быть двух видов: составляющие механическое препятствие для рыбы и отпугивающие. К стенкам первого вида относятся: усынки, части двора, крылья стационарных орудий лова, мотни тралируемых орудий лова, подходящие по размеру ячеи. К направляющим стенкам второго вида относятся те же части орудий лова, что и в первом случае, и, кроме того, крылья и скверы тралируемых орудий лова. Направляющие стенки второго вида должны иметь наибольшую видимость. То же самое можно предположить в отношении крыльев стационарных орудий лова первого вида, работающих в условиях плохой видимости на глубине лова. В остальных случаях нужно добиваться преимущественно наименьшей видимости направляющих конструкций орудий лова. Таким образом, к направляющим стенкам следует предъявлять в основном требования наибольшей и наименьшей видимости. Кроме того, в этом случае важно знать, на каком расстоянии рыба замечает сетное полотно и реагирует на него, что в значительной степени влияет на конструктивное оформление и размеры направляющих устройств. Итак, знание контраста элементов орудий лова с фоном и умение подбирать его оптимальное значение необходимо при проектировании всех сетных орудий лова. В ряде случаев при этом требуется знать дальность видимости или дальность реакции.

При изучении поведения рыбы в зоне действия орудий лова важно знать характеристику раздражителя, т. е. опять-таки контраст элементов с фоном. Кроме тех случаев, когда дальность видимости используется для уточнения размеров отдельных частей орудий лова и их конструкции, она нужна в основном для сравнения видимости элементов орудий лова с различными фотометрическими свойствами в различных условиях, например, при различной прозрачности воды или освещенности на глубине лова, а также для сравнения дальности видимости и дальности реакции.

Следует заметить, что дальность видимости — величина крайне неустойчивая ввиду переменного характера контраста и контрастной чувствительности глаза рыбы. Определение и учет контрастной чувствительности глаза рыбы для различных условий промысла является довольно трудной задачей.

Из сказанного следует, что относительная оценка видимости в настоящее время наиболее приемлема для всех сетных орудий лова. Поскольку в ряде случаев абсолютная оценка видимости нужна и является к тому же более полной, по мере накопления данных о зрительной способности рыбы этот вид оценки видимости приобретет большее значение.

Сейчас, когда еще нет возможности определить точное значение дальности видимости для различных условий работы орудий лова применительно к зрительной способности различных рыб, вместо этой величины в некоторых случаях следует использовать дальность реакции, которую можно найти в результате наблюдений за поведением рыбы у сетной стенки.

#### ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ВИДИМОСТЬ ОРУДИЙ ЛОВА В ВОДЕ

Видимость орудия лова в воде применительно к зрительной способности рыбы определяется двумя основными параметрами:

- а) порогом контрастной чувствительности глаза рыбы  $\varepsilon$ ;
- б) контрастом элементов орудий лова с фоном  $K$ .

Рассмотрим, какие факторы влияют на каждый из указанных параметров.

#### Факторы, влияющие на контрастную чувствительность глаза рыбы

В практике визуальных наблюдений встречаются три понятия порога контрастной чувствительности глаза: порог обнаружения, порог исчезновения, порог узнавания, причем каждое из понятий рассматривается отдельно для фиксированного и нефиксированного наблюдения.

В нашем случае можно ограничиться двумя понятиями  $\varepsilon$ :  $\varepsilon_{\text{обн.}}$  при нефиксированном наблюдении и  $\varepsilon_{\text{узн.}}$  при фиксированном наблюдении. Дальность видимости мы будем связывать с  $\varepsilon_{\text{обн.}}$ , а дальность реакции условно с  $\varepsilon_{\text{узн.}}$ .

По данным В. Р. Протасова [50],  $\varepsilon_{\text{обн.}}$ , определенный электрофизиологическим способом, колеблется для исследованных рыб от 0,01 до 0,2: он больше для донных рыб и меньше для пелагических.

Приблизленно значения  $\varepsilon_{\text{узн.}}$  для некоторых промысловых рыб мы определили из условия, что порог контрастной чувствительности глаза равен пороговому значению контраста (по данным наблюдений за поведением рыбы у сетной стенки, приведенным в работах Н. Е. Аслановой [8] и С. Б. Гюльбадамова [25]). Результаты определения  $\varepsilon_{\text{узн.}}$  по средним значениям прозрачности воды  $x_c$ , дальности реакции  $l_p$  и приближенно принятому значению яркостного контраста  $K_v$  сведены в табл. 1.

Зависимость между коэффициентом ослабления среды  $\alpha$  и прозрачностью воды  $x_c$  определена по формуле [72]

$$\alpha \cdot x_c = 4,38 \pm 0,1. \quad (1)$$

Для хамсы в трех случаях получены близкие значения  $\varepsilon_{\text{узн.}}$ . Одно значение, когда наблюдения проводились в прозрачной воде, оказалось значительно больше, чем остальные. Это можно объяснить тем, что на расстояниях, близких к предельным для данного вида рыб, контрастная чувствительность глаза рыб резко возрастает. Для сельди  $\varepsilon_{\text{узн.}}$ , как и следовало ожидать, оказалось меньше, чем для хамсы. Как указывает С. Б. Гюльбадамов, в результате большого числа наблюдений была установлена дальность реакции в зоне подводного освещения для различных рыб: сельди 3,5, кефали 2,5—3, ставриды и хамсы 2—2,5 м.

Эти данные позволяют найти значения  $\epsilon_{узн}$ , для сельди, кефали и ставриды, если принять для хамсы значение  $\epsilon_{узн}$ , равное 0,035. По нашим расчетам, значения  $\epsilon_{узн}$ , оказались следующими: для сельди 0,012, для кефали 0,021, для ставриды 0,035. Полученные данные хорошо согласуются с данными В. Р. Протасова, хотя следует помнить, что сравниваемые величины выражают различные понятия порога.

Таблица 1

Дальность реакции	Прозрачность воды	Коэффициент ослабления	Яркостный контраст	$\epsilon_{узн}$
<i>Хамса</i>				
2,0–2,5	3,0–3,2	1,4	0,8	0,034
1,5–2,0		2,5	0,8	0,037
2,0–3,0		7,5	1,0	0,200
0,2–0,3		До 0,5	12,50	0,8
<i>Сельдь</i>				
2,0–2,5	2,5–3,0	1,6	0,8	0,022

Контрастная чувствительность глаза рыбы зависит от следующих основных факторов: интенсивности освещения на глубине лова, размеров и формы объекта наблюдения, расстояния, с которого рассматривается объект. Условная величина  $\epsilon_{узн}$  зависит также от некоторых биологических и физиологических особенностей рыбы, характеризующих реакцию рыбы на различные раздражители.

При изменении интенсивности освещения видимость одного и того же контраста меняется. С этой точки зрения световой режим на глубине лова может быть трех видов: дневной, сумеречный и ночной.

Дневной режим характеризуется такими значениями освещенности, при которых порог контрастной чувствительности глаза рыбы имеет минимальное для данных условий значение. Изменение освещенности в пределах, характеризующих дневной режим, не влияет на видимость орудий лова. Указанные ранее значения  $\epsilon_{обн}$  и  $\epsilon_{узн}$  соответствуют дневному световому режиму.

Сумеречный режим соответствует такому диапазону освещенности, когда всякое колебание освещенности вызывает изменение видимости орудия лова.

Ночной режим характеризуется значениями освещенности, при которых рыба не видит предметы с любыми фотометрическими данными. В этом случае окраска орудия лова и другие факторы, определяющие его видимость, не влияют на уловистость орудия лова.

Обычно интенсивность освещения в море характеризуют освещенностью верхней горизонтальной плоскости. На рис. 1 приведен график, позволяющий определять освещенность верхней горизонтальной плоскости на глубине лова в зависимости от подповерхностной освещенности.

Этот график составлен из расчета, что диск Секки исчезает на глубине, где освещенность составляет 20% от подповерхностной [71] по уравнению

$$E_H = 0,2^{\frac{h}{2}} \cdot E_0, \quad (2)$$

где  $E_H$  — освещенность верхней горизонтальной плоскости на глубине  $H$ , люкс;

$$h = \frac{E_0}{x_c} \frac{2H}{x_c} \text{ — глубина, у. е. (1 у. е. равна половине глубины исчезновения диска Секки).}$$

Установлено [71], что отношение освещенности на глубине исчезновения диска Секки к подповерхностной освещенности зависит от погоды и составляет (в %):

Для беспокойного моря

при солнечном освещении . . . . .	24,3
без солнечного освещения . . . . .	21,1

Для спокойного моря

при солнечном освещении . . . . .	20,4
без солнечного освещения . . . . .	18,8

Этими данными можно пользоваться, если требуется получить более точное значение освещенности на глубине. Однако и приближенные и уточненные данные об интенсивности освещения на глубине лова справедливы лишь в том случае, когда отсутствует влияние света, отраженного от дна. Прозрачность воды на различных глубинах неодинакова, причем наименее прозрачен верхний слой воды, в котором производятся измерения диском Секки. Таким образом, при расчетах освещенности на больших глубинах значения освещенности получаются заниженными примерно на 10—30%.

На основании немногочисленных данных ([69] и др.) о светочувствительности глаза рыб можно назвать следующие примерные диапазоны освещенности (в люксах), соответствующие различным видам светового режима на глубине лова:

Дневной режим . . . . .	более 5—100
Сумеречный режим . . . . .	5—100 ÷ 10 <sup>-3</sup> — 10 <sup>-5</sup>
Ночной режим . . . . .	менее 10 <sup>-3</sup> — 10 <sup>-5</sup>

Расчет показывает, что в интервале глубин, на которых обычно производится лов, днем наблюдается дневной или сумеречный режим, в сумерки и ночью — сумеречный или ночной режим.

Размеры и форма объекта наблюдения в нашем случае определяются: диаметром сетной нити, веревки, каната и т. п., размером ячеи и посадочным коэффициентом, причем последний рассматривается здесь лишь как фактор, влияющий на расстояние между сетными нитями и на форму ячеи.

Влияние диаметра элементов орудий лова, размера ячеи и посадочного коэффициента на видимость орудий лова связано с различной

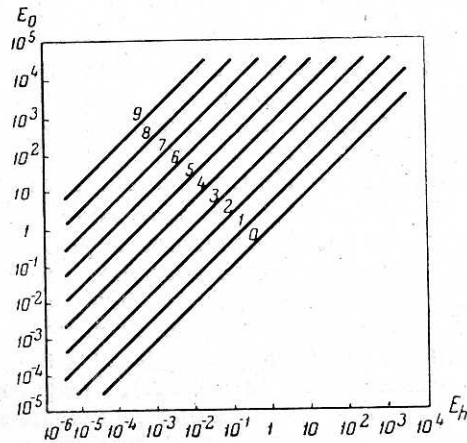


Рис. 1. Зависимость между освещенностью верхней горизонтальной плоскости  $E_H$  на глубине лова и подповерхностной освещенностью  $E_0$  (цифры на графиках — значения  $h$ ).



степенью суммации возбуждений зрительного нерва при рассмотрении объектов неодинаковых размеров и формы, что приводит к изменению контрастной чувствительности глаза.

Говоря о размерах и форме элементов орудий лова, необходимо различать два основных случая яркостного контраста: светлый объект рассматривается на темном фоне; темный объект рассматривается на светлом фоне.

Небольшой светлый объект на темном фоне (так выглядит обычно верхняя половина элементов орудия лова на вертикальном фоне) представляет собой источник света, видимость которого определяется только создаваемой в пункте наблюдения освещенностью и яркостью фона. Прекращение видимости в этом случае не может произойти вследствие малых угловых размеров объекта. Однако угловые размеры элементов орудий лова, рассматриваемых как светлые на темном фоне, все же влияют на их дальность и степень видимости: чем больше число палочек и колбочек перекрывает изображения светлой части элемента, тем сильнее выражена суммация возбуждений зрительного нерва и тем лучше виден элемент. Степень влияния суммации возбуждений зависит от яркости светлого участка элемента, контраста этого участка с фоном.

Совсем иначе обстоит дело для темной части элемента на светлом фоне. Тут имеется вполне определенный угловой размер, ниже которого при данных условиях элемент не может быть обнаружен зрением. Такой предельный угловой размер элемента называется угловым порогом зрения. Угловой порог зрения для некоторых пелагических рыб, по данным В. Р. Протасова, составляет 3—7'.

Приближенное определение углового порога зрения, по данным наблюдений за поведением рыбы у сетной стенки, возможно только в том случае, когда дальность видимости элемента определяют его темные участки на светлом фоне, а прозрачность воды в районе наблюдений больше 3—5 м. Для этой цели пригодны данные С. Б. Гюльбадамова [25] о дальности реакции на сетное полотно в зоне подводного освещения сельди (3,5 м), кефали (2,5—3 м), хамсы и ставриды (2—2,5 м), которые мы использовали для определения  $\epsilon_{\text{узн}}$ . Видимые угловые размеры нитей сетного полотна на таких расстояниях близки к предельным для рыбы, поскольку при большей прозрачности воды, по данным Н. Е. Аслановой [8], например для хамсы и сельди, дальность реакции остается той же самой. Угловой порог зрения, найденный по приведенным данным, оказался равным: для сельди 59", для кефали 68", для хамсы и ставриды 83", т. е. выше, чем по данным В. Р. Протасова.

Угловой порог зрения в значительной степени зависит от интенсивности освещения, контраста элемента с фоном, протяженности элемента.

Ухудшение видимости темной части элемента на светлом фоне с уменьшением его угловых размеров связано с ростом контрастной чувствительности глаза. Зависимость контрастной чувствительности глаза от угловых размеров элемента особенно резко выступает при малых видимых размерах элемента, что имеет место в нашем случае. На самом деле видимые угловые размеры темных участков элементов на светлом фоне на расстояниях, с которых рыба обнаруживает орудие лова, обычно не превышают нескольких десятков секунд и являются предельными или близки к предельным.

Какой из участков элемента орудий лова, темный на светлом фоне или светлый на темном, оказывает большее влияние на видимость элемента зависит в основном от контраста участков элементов с фоном и видимой яркости этих участков.

Влияние размера ячеек на видимость сетного полотна возможно лишь в том случае, когда расстояние между изображениями ее отдель-

ных нитей на светочувствительных элементах сетчатки мало и возможна суммация возбуждений зрительного нерва.

Для тех размеров ячеек, которые обычно применяются в рыболовстве, видимый угловой размер между нитями достаточно велик, чтобы вызвать сколько-нибудь значительную суммацию возбуждений и, следовательно, увеличение дальности и степени видимости сетного полотна. Естественно, что реакция рыбы на сетное полотно с различным размером ячеек будет неодинакова.

Влияние посадочного коэффициента как геометрического параметра сетного полотна на видимость также незначительно, поскольку изменение расстояния между нитями ячеек в том интервале посадочных коэффициентов, которые обычно применяются на практике, недостаточно велико, чтобы существенно повлиять на видимость орудий лова.

Не останавливаясь на рассмотрении влияния различных биологических и физиологических особенностей рыб на  $\epsilon_{\text{узн.}}$ , отметим, что это влияние может быть чрезвычайно велико, а учет влияния очень сложен.

Следует подчеркнуть, что все данные о зрительной способности рыбы, полученные на основании изучения поведения рыбы, носят приближенный характер, а все соображения, высказанные исходя из физиологической сущности зрения, требуют экспериментальной проверки.

#### **Факторы, влияющие на контраст элементов орудий лова с фоном**

Факторы, влияющие на контраст элементов орудий лова с фоном, можно разбить на следующие основные группы: астрономические, метеорологические, гидрологические, фотометрические.

Астрономические факторы определяются положением Солнца и Луны на небесном своде.

Метеорологические факторы определяются состоянием земной атмосферы, например, прозрачностью воздуха, характером облачности.

Астрономические и метеорологические факторы характеризуют угловое распределение яркости и цветности на поверхности моря.

К гидрологическим факторам, влияющим на контраст элементов орудий лова с фоном, относятся: прозрачность воды, глубина лова, глубина в месте лова, цвет грунта, волнение.

Влияние всех гидрологических факторов, кроме последнего, на световой режим в море можно учесть путем гидрооптических наблюдений. Волнение вызывает быстрое непериодическое колебание углового распределения света, которое особенно сказывается в поверхностных слоях моря и которое трудно учесть при расчетах видимости элементов орудий лова в воде.

Астрономические, метеорологические и гидрологические факторы характеризуют световой режим на глубине лова и, следовательно, определяют яркость и цветность фона, излучение, падающее на поверхность элементов орудий лова, и интенсивность образования световой пелены, за которой скрывается орудие лова.

К фотометрическим факторам относятся: фотометрические свойства материала орудий лова (окраска, степень влажности и шероховатости поверхности, степень прозрачности материала и т. д.), посадочный коэффициент сетного полотна, ориентация орудия лова в воде, расстояние, с которого оно рассматривается, направление линии зрения. Ряд факторов отнесен к фотометрическим условно.

Фотометрические факторы вместе с ранее рассмотренными определяют контраст элементов орудия лова с фоном.

#### **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОНТРАСТНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ОРУДИЙ ЛОВА С ФОНОМ**

Рассматриваемый объект может отличаться от фона или яркостью или цветностью, или яркостью и цветностью одновременно. Соответст-

венно объект может иметь с фоном яркостный, цветовой и сложный контраст.

Под яркостным контрастом  $K_v$  объекта с фоном принято понимать отношения:  $\frac{B_\phi - B_0}{B_\phi}$  при  $B_\phi > B_0$  или  $\frac{B_0 - B_\phi}{B_0}$  при  $B_\phi < B_0$ , где  $B_\phi$  — яркость фона,  $B_0$  — яркость объекта.

Яркость фона в нашем случае определяется яркостью лучей, идущих в направлении, противоположном направлению линии зрения. Значительно сложнее обстоит дело с яркостью объекта. Орудия лова состоят в основном из цилиндрических тел и рассматриваются в воде как объекты с неравномерным распределением яркости по поверхности. Для цилиндрической поверхности с прямолинейной осью яркость продольного элементарного участка в довольно широких пределах можно считать одинаковой, поэтому необходимо принимать во внимание лишь неравномерное распределение яркости по периметру этой поверхности. Такому случаю соответствует, например, распределение яркости по поверхности нитей расправленного сетного полотна. При этом следует учитывать, что при недиффузном освещении на глубине лова продольные и поперечные нити сетного полотна имеют неодинаковое распределение яркости по поверхности.

Видимый с расстояния  $L$  яркостный контраст  $K'_v$  всегда меньше истинного яркостного контраста  $K_v$  вследствие наложения на объект световой пелены, объясняемой мутностью воды.

Величина видимого яркостного контраста  $K'_v$  при горизонтальном направлении линии зрения определяется по формуле

$$K'_v = K_v \cdot e^{-\alpha L}, \quad (3)$$

где  $e$  — основание натуральных логарифмов;  
 $\alpha$  — коэффициент ослабления воды.

Цветовой контраст элементов орудий лова с фоном определяется числом цветовых порогов между цветностью объекта и цветностью фона. Цветность лучей, идущих на некоторой глубине по различным направлениям, неодинакова, следовательно, цветность лучей, падающих и отраженных от различных участков элементов орудий лова, также неодинакова, и они имеют с фоном различный цветовой контраст. Цветность фона при этом определяется цветностью лучей, идущих в направлении, противоположном направлению линии зрения.

Цветовой контраст элементов орудий лова с фоном применительно к зрительной способности рыбы зависит в основном от углового распределения цветности в море, окраски элемента и расположения в пространстве, от скорости образования световой пелены, за которой скрывается объект, и расстояния, с которого он рассматривается.

Количественных выражений, определяющих цветовой контраст между некоторыми цветностями, применительно к зрению рыб пока нет. О характере и степени влияния цветового контраста на видимость можно судить по результатам работы сетей различной окраски на основании изучения поведения рыбы у сетной стенки и т. д.

Цветовой контраст воспринимается рыбой только при условии хорошего освещения на глубине наблюдения. При слабой освещенности цветное зрение уступает место сумеречному.

В действительности элементы орудий лова имеют в воде с фоном сложный контраст, который можно представить себе как некоторую сумму яркостного и цветового контраста. Видимый контраст  $K$ , рассматриваемый нами как параметр видимости, как раз и выражает величину сложного контраста.

Относительная степень влияния яркостного и цветового контраста на видимость неодинакова и зависит от ряда факторов: величины цветового и яркостного контраста элементов с фоном, интенсивности освещения на глубине наблюдения, зрительной способности рыбы и т. д.

#### МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ РАБОТ

**Подготовительные работы** включали градуировку фотометра и пробное крашение сетных образцов, чтобы установить рецепты окраски сетей в различные серые цвета, количественную окраску сетных образцов и сетей, а также зависимость между цветом мокрых и сухих сетематериалов.

Капроновые и хлопчатобумажные образцы окрашивали прямыми красителями обычным способом. Результаты пробного крашения приведены на рис. 2, где по оси абсцисс отложено отношение веса сетематериала к весу красителя  $S$ , а по оси ординат — коэффициент отражения  $\rho$  серой поверхности сухих сетематериалов.

В хроматические цвета красили также прямыми красителями, причем для получения краски «под цвет воды» краситель составлялся из смеси красителей различных цветов. Коэффициент отражения серых поверхностей определялся при помощи вертушки Максвелла, а в полевых условиях использовался атлас цветов. Спектральный состав хроматических поверхностей сетных образцов и некоторых видов рыб находился при помощи спектрофотометра поляризационного типа.

Для определения изменения цвета серых сетематериалов при намочении подготавливались капроновые и хлопчатобумажные образцы с известными коэффициентами отражения, замачивались, а затем на вертушке Максвелла определялся коэффициент отражения мокрой поверхности каждого образца.

Градуировка подводного фотометра для измерения освещенности и яркости, описание которого будет дано ниже, состояла в установлении зависимости между освещенностью фотоэлемента и фототоком и соответствия между значениями освещенности и яркости, получаемых при измерениях в относительных единицах. Градуировка производилась по методике, описанной В. А. Тимофеевой [56]. Для исследования зависимости между фототоком и освещенностью фотометра фотоэлемент освещался лампочкой карманного фонаря или направлялся на Солнце; в первом случае изменение освещенности фотометра достигалось удалением фотометра от источника света, во втором — при помощи нейтральных светофильтров.

Оказалось, что прямая пропорциональность между фототоком и освещенностью фотометра существует до освещенности 55 тыс. люкс; при измерениях освещенности и яркости отсчет по микроамперметру не превышал показания, которому соответствует освещенность 55 тыс. люкс, поэтому фототок считался пропорциональным освещенности фотометра. Минимальные значения освещенности, которые позволял измерить фотометр, составляли 4—5 люкс.

Для сравнения относительных единиц освещенности и яркости в полусфере с достаточно равномерным распределением яркости изме-

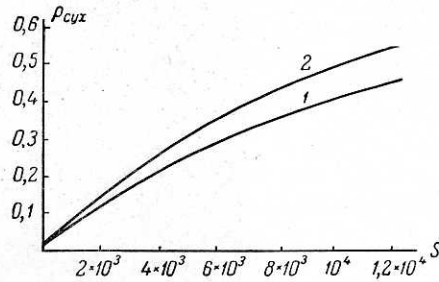


Рис. 2. Зависимость между отношением веса сетематериала к весу красителя в красящем растворе и  $\rho$  серой поверхности:

1 — хлопчатобумажных материалов;  
2 — капроновых сетематериалов.

рялась освещенность  $E_0$ , которую давала полусфера, и яркость  $B$  в пределах полусферы; по освещенности  $E_0$  находилась яркость  $B_0$ . Далее определяется поправочный коэффициент  $m = \frac{B_0}{B}$ , который и позволял сравнивать относительные единицы освещенности и яркости. Когда  $E_0$  измерялась без матового стекла,  $m$  оказался равным 5,16; при измерении  $E_0$  с матовым стеклом — 2,10.

**Гидрооптические наблюдения** имели целью определение прозрачности воды и светового режима в море во время экспериментов по установлению уловистости сетей с различными фотометрическими характеристиками при определении закономерностей изменения светового режима в море с изменением условий промысла и т. д.

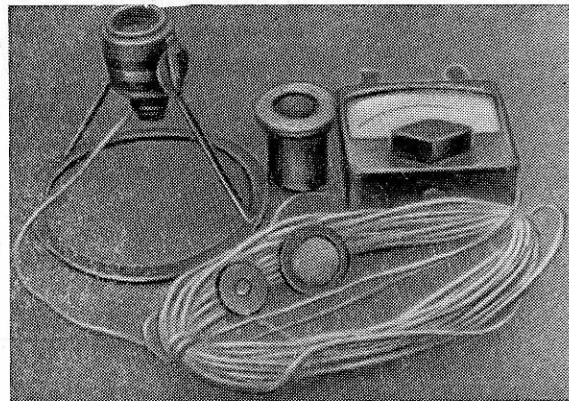


Рис. 3. Общий вид комбинированного подводного фотометра.

Измерение прозрачности воды проводилось при помощи диска Секки; прозрачность воды определялась как среднее из трех двойных отсчетов (при погружении и подъеме диска).

Для измерения углового распределения света в море применялся комбинированный подводный фотометр (рис. 3). Он состоит из герметичного корпуса, в который заключен селеновый фотоэлемент, соединенный кабелем с микроамперметром. В таком виде прибор служил для измерения освещенности. Для измерения яркости на корпус навинчивалась насадка с выпуклой линзой диаметром  $D = 60$  мм и фокусным расстоянием  $f = 90$  мм. В главной фокальной плоскости линзы закрепляется вставная диафрагма. По ее диаметру  $d$  и фокусному расстоянию линзы вычисляется угол зрения фотометра  $\omega$ :  $\omega = \frac{d}{f}$  рад.

Для работы мы применяли диафрагму  $d = 20$  мм, так что угол зрения фотометра при измерении яркости был 0,22 рад. Селеновый элемент помещается на расстоянии 50 мм от внутренней диафрагмы так, чтобы при измерении яркости он освещался почти полностью.

Оптическую ось прибора устанавливают под определенным углом к вертикали поворотом вокруг горизонтальной оси; угол поворота отсчитывается по лимбу.

Для закрепления прибора в каком-либо азимутном направлении он опускался в воду по двум направляющим тросам, проходящим сквозь ушки кольцевого основания прибора.

Для каждой точки моря при диффузном освещении поверхности воды делалось три замера освещенности (вверх, низ и бок) и определялась яркость лучей, образующих вертикальный фон. При недиффузном

освещении поверхности воды замеры освещенности проводились в трех вертикальных плоскостях (одна плоскость обязательно проходила через плоскость вертикала Солнца); в каждой плоскости делалось 4—6 замеров освещенности и два замера яркости в горизонтальном направлении.

В ряде случаев производились замеры яркости, количество которых было достаточно для построения тела распределения яркости в данной точке моря.

Угловое распределение освещенности и яркости измерялось на Каспийском и частично на Черном море на различных глубинах в интервале прозрачности воды от 0,4 до 8 м. Кроме того, использовались данные гидрооптических наблюдений некоторых авторов [21], [60].

Спектральный состав света на глубине определялся методом спектрофотометрического сравнения. В качестве эталонного источника лучистой энергии принималась газополная лампочка накаливания. Сравнение производилось по всему спектру для следующих эффективных длин волн фильтра (набор S-светофильтров) 420, 470, 530, 570, 660 *м*к.

**Наблюдения за уловистостью экспериментальных сетей** имели целью уточнить метод расчета относительной видимости и оптимальной окраски элементов орудий лова, а также установить степень влияния видимости обьячеивающих орудий лова на их уловистость.

Экспериментальный лов проводился набором сетей, в состав которого входили девять вариантов капроновых сетей различной окраски и посадочного коэффициента. В каждом варианте было по три совершенно одинаковых сети длиной 18 м и высотой 35 ячей.

Данные об экспериментальных сетях приведены в табл. 2.

Таблица 2

№ варианта	Посадочный коэффициент	Цветовой тон сети	Коэффициент отражения сети $\rho$
I	0,5	Серый	0,75
II	0,5	"	0,50
III	0,5	"	0,38
IV	0,5	"	0,27
V	0,5	"	0,16
VI	0,5	„Под цвет воды“	0,38
VII	0,5	Розовый	0,38
VIII	0,6	Серый	0,75
IX	0,7	"	0,75

Примечание. Размер ячей — 36 мм, номер сетной нити 34/3.

Сети как ставные, так и дрейфтерные использовались в Северном Каспии. Ставные сети устанавливались в один ряд (на выбежке) по направлению О — W, так что сети одного варианта располагались в порядке через восемь сетей. Порядок перебирался или выбирался обычно два-три раза в сутки. Время переборок устанавливалось в зависимости от характера светового режима на глубине лова.

Сети, работавшие в дрейфтерном порядке, выставлялись на ночь и выбирались утром. Уловы ставных и дрейфтерных сетей учитывались по четырем типам светового режима; двум диффузным в различных интервалах прозрачности и двум недиффузным.

За диффузный режим освещения мы принимаем такой режим, когда более 50% времени работы сетей солнце отсутствовало вообще или было затянато облаками. Для недиффузного режима освещения угловое

распределение света в воде определялось для среднего положения светила с учетом преимущественного попадания рыбы в течение суток.

Во время работы сетей велся учет метеорологических, гидрологических и астрономических факторов. Из метеорологических факторов принимались во внимание облачность и туманы, из гидрологических — прозрачность воды, волновой режим, из астрономических — время восхода и захода светил, максимальная высота стояния и азимут восхода и захода светил.

Учет астрономических факторов велся по данным астрономических таблиц.

Основным средством учета светового режима в процессе лова были фотометрические наблюдения за распределением яркости и освещенности в море подводным фотометром.

Кроме того, принималось во внимание направление сетного порядка, высота сетей, глубина в месте лова и цвет грунта, расстояние от поверхности воды до верхней подборы.

**Визуальные наблюдения** имели целью сравнение восприятий контрастов яркости и цветности глазом человека и рыбы. Эта задача решалась измерением дальности видимости образцов промысловых сетей глазом человека при тех же световых режимах и в тех же условиях, в каких работали сети, и сравнения полученных данных с результатами уловистости сетей. Рамка с сетными образцами подвешивалась в воде на двух тросиках, вторые концы которых крепились к поплавку. Расстояние до образцов определялось по мерной нитке, прикрепленной одним концом к рамке. Всякий раз перед наблюдением проверялось угловое распределение света и устанавливалось, соответствует ли световой режим тому, при котором работали сети.

Для выяснения влияния различий спектральной чувствительности глаза человека и рыбы на видимость в аквариальных условиях сравнивали дальности видимости трех серых и двух цветных образцов при рассмотрении их через светофильтр и без светофильтра. Спектральная кривая пропускания светофильтра была такова, что суммарная спектральная кривая глаза наблюдателя и светофильтра примерно совпадала с известными кривыми спектральной чувствительности глаза рыбы.

Для установления влияния посадочного коэффициента на видимость сетного полотна определялась дальность видимости черных и белых сетных образцов различной посадки. Набор сетных образцов одного цвета, но с различными посадочными коэффициентами закреплялся в рамке. Наблюдения проводились так же, как и в предыдущем случае, без фиксации светового режима.

Подводное фотографирование проводилось для сравнения восприятий объективом фотоаппарата, глазом человека и рыбы в тех же условиях и в тех же случаях, что и визуальные наблюдения.

Фотографирование велось фотоаппаратом «Зоркий» с переходным кольцом шириной 9 мм. Фотоаппарат был заключен в резиновую камеру со смотровым окном. Расстояние от сетного полотна до задней стенки аппарата принималось 41,8 см. Удовлетворительные снимки получались при фотографировании в масштабе  $\frac{1}{6} - \frac{1}{7}$  с расстояний 36—46 см.

#### О НАИМЕНЬШЕМ ЦВЕТОВОМ КонтРАСТЕ ЭЛЕМЕНТОВ ОРУДИЙ ЛОВА

В условиях значительной неравномерности распределения яркости в воде и преимущественно слабой освещенности на глубине лова цветной контраст не играет главной роли в оценке видимости орудий лова. Однако его наличие создает непреодолимые трудности при попытке количественно оценить видимость. Эта и ряд других причин, о которых

будет сказано ниже, заставляют стремиться уменьшить цветовой контраст орудий лова с фоном.

Рассмотрим, каким образом этого можно добиться. Предположим, что на различные участки цилиндрических элементов орудий лова падают световые лучи, одинаковые по цветности и совпадающие с цветностью лучей, образующих фон. Тогда цветовой контраст элементов с фоном будет отсутствовать, если отраженные от поверхности элемента лучи по цветности совпадают с лучами падающими. Способностью избирательно отражать световые лучи обладают только серые, ахроматические поверхности. В условиях равномерного распределения цветности в воде серые поверхности не имели бы цветового контраста с фоном. Однако цветность лучей в воде по различным направлениям неодинакова. На основании исследований японских ученых [76] и ряда наблюдений, проведенных нами в Каспийском и Черном морях, можно сделать следующие выводы о распределении цветности в море.

1. Степень неравномерности углового распределения цветности небольшая.

2. Чем меньше прозрачность воды, тем равномернее угловое распределение цветности.

3. С глубиной цветность по различным направлениям выравнивается.

4. Цветность лучей, идущих в горизонтальном направлении, представляет собой нечто среднее в сравнении с цветностью лучей, идущих сверху и снизу.

Таким образом, в случае серой окраски цилиндрических элементов орудий лова цветовой контраст меньше: при малой прозрачности воды (на больших глубинах), при наблюдении элемента на фоне, близком к вертикальному, при большем наклоне оси цилиндрической поверхности элемента к горизонту.

В подавляющем большинстве случаев элементы орудий лова рассматриваются рыбой на фоне, близком к вертикальному, когда элемент, окрашенный в серый цвет, имеет наименьший в данных условиях цветовой контраст: при любой другой окраске цветовой контраст элемента с фоном объясняется не только неравномерным угловым распределением цветности в воде, но и свойством хроматических поверхностей избирательно отражать падающие на них лучи.

При рассмотрении серого элемента орудия лова в направлениях, отличных от горизонтального, большого цветового контраста не будет: во-первых, на любой элементарный участок цилиндрической поверхности падает свет с полусферы, так что разница в цветности будет всегда меньше, чем небольшая разница в цветности в направлении линии зрения и в противоположном направлении; во-вторых, на фоне, близком к горизонтальному, когда разница в цветности была бы наибольшей, элементы орудий лова рыбой обычно не различаются. Естественно, что все приведенные рассуждения справедливы только в том случае, когда цветность фона слабо отличается от цветности лучей, падающих на элементы орудий лова.

Рыба благодаря своей маскирующей окраске хорошо сливается с окружающим фоном. Поэтому о величине цветового контраста элементов орудий лова с фоном можно судить, рассматривая окраску рыбы по периметру. На рис. 4, выполненном на основании наших наблюдений, приведены данные о спектральном составе поверхности каспийского пузанка и воблы в трех различных по периметру тела точках.

Как видим, спектральный состав поверхности спины рыбы по периметру неодинаков. Чем ближе к боковой линии, тем менее насыщенной становится окраска, приближаясь по спектральному составу к серой. Но и в верхней части спины разница в спектральном составе незначительна. По мере выравнивания углового распределения цветности в во-



де окраска спины рыбы все ближе совпадает с серой. Например, у рыб, живущих в мутной воде, цвет спины менее насыщенный, чем у рыб, живущих в прозрачной воде. На большой глубине, где цветность по различным направлениям одинакова, многие рыбы окрашены в серый цвет.

Одноцветная окраска сетного полотна должна быть серее, чем окраска спины рыбы. Во-первых, обращенные книзу элементы сетного полотна, для наименьшего цветового контраста с фоном должны быть окрашены примерно в цвет, дополнительный к цвету его элементов, обращенных кверху; серый же цвет является промежуточным между основным и дополнительным. Во-вторых, ось тела рыбы горизонтальна, а ось

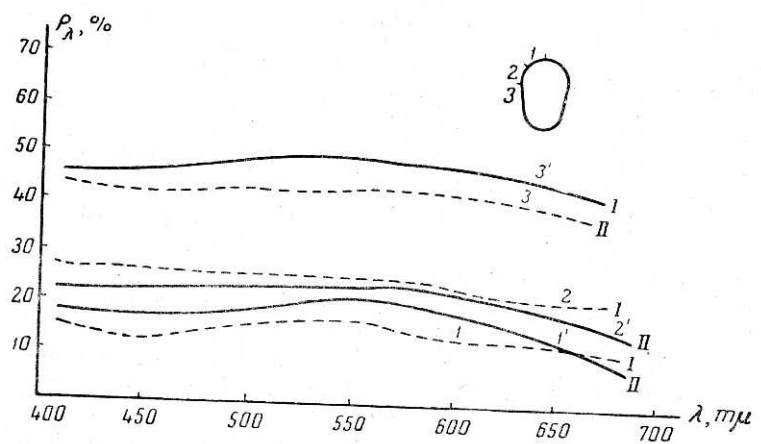


Рис. 4. Спектральный состав поверхности каспийского пузанка I и воблы II в трех различных по периметру тела точках (в верхнем правом углу графика — сечение тела рыбы).

сетной нити обычно наклонена к горизонту под углом  $45\text{--}60^\circ$  (при вертикальном расположении сетного полотна); цветность лучей, падающих на цилиндрическую поверхность, ось которой расположена под углом к горизонту, лучше совпадает с цветностью фона, чем в случае горизонтально расположенной оси тела.

Наконец, по данным различных авторов, серые сети имели обычно наивысшую уловистость среди сетей различной окраски, хотя коэффициент отражения поверхности при этом не подбирался. Так, по данным П. А. Демидова [26], уловы сетями различной окраски были следующими (улов серых сетей принят за 100%): темно-серые — 100, коричневые — 55, зеленые — 14, неокрашенные — 4%.

П. В. Тюрин [61] приводит такие данные об уловах сетей различной окраски: черные — 100, темно-серые — 88, светло-серые — 97, коричневые — 75, зеленые — 32, неокрашенные — 13%.

Для вод южной части Аральского моря П. М. Калтановский [5] на основании своих экспериментов считает лучшей окраской стальную — серую. Он считает также, что вялые тона окрасок более эффективны в промысловом отношении, чем яркие.

Н. Н. Андреев на основании данных об уловистости сетей в различных промысловых бассейнах делает вывод, что окрашивать сети следует в вялые тона, например в серый или коричневый.

То же самое подтверждают данные наших экспериментов на Северном Каспии, приведенные в табл. 3 (в шт.).

Таблица 3

Цвет сетей	Средняя прозрачность воды, м	
	0,5	0,8
Серый . . . . .	217	252
«Под цвет воды» . . . . .	198	240
Розовый . . . . .	179	194

Примечание.  $\rho = 0,38$

Образцы этих же сетей просматривались визуально на месте лова. При этом дальность видимости образцов (в м) при прозрачности воды  $x_c = 0,6$  м оказалась следующей:

Серые сети . . . . .	0,44
Сети «под цвет воды» . . . . .	0,46
Розовые сети . . . . .	0,50

Следует, заметить, что разница в спектральной чувствительности глаза человека и рыбы не играет заметной роли в видении объектов. Дальность видимости образцов различной окраски глазом наблюдателя без светофильтра и со светофильтром, использованным с целью получить спектральную чувствительность, близкую к спектральной чувствительности глаза исследованных рыб, по нашим наблюдениям, оказалась почти одинаковой.

Окраска сетного полотна в серый цвет кроме того, что позволяет получить с фоном наименьший контраст, имеет следующие преимущества перед окраской в любой хроматический цвет:

- 1) появляется возможность количественного выражения контраста;
- 2) значительно сокращается количество цветов, подлежащих изучению при исследовании видимости орудий лова в связи с их уловистостью;
- 3) значительно облегчается определение светового режима на глубине лова, а также упрощаются расчеты, связанные с определением оптимальной видимости и окраски элементов орудий лова;
- 4) цветность лучей, отраженных от серой поверхности, автоматически «подстраивается» под фон, цветовая характеристика которого неодинакова в пространстве и меняется во времени.
- 5) при этом близко совпадает с цветовой характеристикой не только цветность лучей, отраженных от серой поверхности, но и их спектральный состав; это важно, поскольку исследованные рыбы [40] различали не только цветность, но и спектральный состав света;
- 6) изменение спектрального состава на глубине лова не влияет на коэффициент отражения серой поверхности; в случае же хроматической окраски коэффициент отражения поверхности изменяется;
- 7) облегчается проблема окраски орудий лова как в фабричных, так и в промысловых условиях.

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЯРКОСТНОГО КонтРАСТА ЭЛЕМЕНТОВ ОРУДИЙ ЛОВА С ФОНОМ

В случае серой окраски элементов орудий лова их видимость определяется преимущественно величиной яркостного контраста. Найдем истинный контраст цилиндрического элемента орудия лова с фоном.

Если имеется некоторый элемент площади  $dS$  на цилиндрической поверхности (рис. 5), который получает свет со всех возможных направлений, т. е. с полусферы, основание которой касательно к взятому элементу площади, то полная яркость  $B$  площадки в направлении  $i_2, A_2$

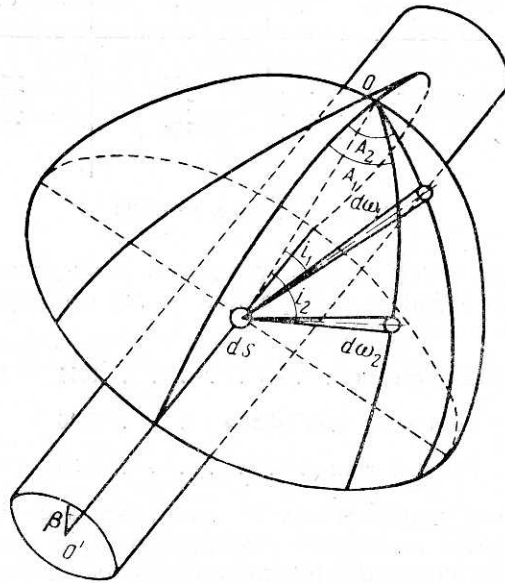


Рис. 5. К определению яркостного контраста элементов орудий лова с фоном.

(яркость света от всей полусферы) выражается следующей формулой [69]

$$B = \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi/2} r \cdot b \cdot \cos i_1 \cdot \sin i_1 \cdot di_1 \cdot dA_1, \quad (4)$$

где  $b$  — яркость лучей, идущих в направлении телесного угла, положение которого определяется углом падения  $i_1$  и азимутом  $A_1$ ;  $r$  — коэффициент яркости поверхности.

Числовое значение  $r$  зависит от выбора единицы телесного угла; если в качестве единицы телесного угла принять  $\pi$  стерадианов, то для ортотропной поверхности постоянное значение  $r$  численно равно коэффициенту отражения  $\rho$ . Если принять допущение об ортотропности поверхности элемента орудия лова, то выражение для  $B$  можно переписать в таком виде:

$$B = \frac{\rho}{\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi/2} b \cdot \cos i_1 \cdot \sin i_1 \cdot di_1 \cdot dA_1, \quad (5)$$

$$\text{но } \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi/2} b \sin i_1 \cos i_1 \cdot di_1 \cdot dA_1$$

выражает освещенность  $E$  элементарного участка цилиндрической поверхности, поэтому яркость этого участка можно определять по простой формуле:

$$B = \rho \frac{E}{\pi}. \quad (6)$$

Элементы орудий лова имеют обычно неравномерное распределение яркости по поверхности. На такой поверхности имеются участки, освещен-

шение которых является определяющим при оценке видимости, тогда как освещение всех других участков на поверхности элементов будет промежуточным и для такой оценки несущественно.

Принимаем, что яркостный контраст элемента орудия лова с фоном характеризует яркость элементарного участка поверхности, наиболее отличающегося от яркости фона. Тогда для определения яркостного контраста элемента орудий лова с фоном необходимо выбрать наиболее и наименее освещенные элементарные участки поверхности и по освещенности этих участков определить их максимальную и минимальную истинную яркость

$$B_{\max} = t_1 \cdot \rho \frac{E_{\max}}{\pi}; \quad (7)$$

$$B_{\min} = t_2 \cdot \rho \frac{E_{\min}}{\pi}, \quad (8)$$

где  $t_1$  и  $t_2$  — коэффициенты, учитывающие фотометрические свойства поверхности элементов, особенности восприятия рыбой объектов с неравномерным распределением яркости по поверхности, погрешности формул в связи с принятым допущением о том, что яркость объекта определяется яркостью участка, наиболее отличающегося от яркости фона и т. д.

Определим  $K_{в}$ , когда  $B_0 > B_{\phi}$

$$K_{в_1} = \frac{B_0 - B_{\phi}}{B_0} = 1 - \frac{B_{\phi}}{B_0} = 1 - \frac{\pi B_{\phi}}{t_1 \cdot \rho \cdot E_{\max}}. \quad (9)$$

Сделаем то же самое для случая, когда  $B_0 < B_{\phi}$

$$K_{в_2} = \frac{B_{\phi} - B_0}{B_{\phi}} = 1 - \frac{B_0}{B_{\phi}} = 1 - \frac{t_2 \cdot \rho \cdot E_{\min}}{\pi \cdot B_{\phi}}. \quad (10)$$

Большее из двух значений контраста характеризует контраст элемента орудия лова с фоном.

Если яркость любого участка элемента либо больше, либо меньше яркости фона, то находится лишь одно значение контраста.

Если считать, что видимость сетного полотна определяется видимостью сетных нитей, что оно располагается вертикально и рассматривается на вертикальном фоне, а освещение на глубине лова диффузное, то выражение для  $K_{в}$  можно упростить, приняв некоторые дополнительные допущения.

Яркость фона  $B_{\phi}$  в этом случае можно выразить через освещенность нижней горизонтальной плоскости  $E_{н}$ :

$$B_{\phi} = \frac{n E_{н}}{\pi}, \quad (11)$$

где  $n$  — коэффициент пропорциональности между  $B_{\phi}$  и  $E_{н}$ . Подставляем значение  $B_{\phi}$  в формулы (9), (10)

$$K_{в_1} = 1 - \frac{n \cdot E_{н}}{t_1 \cdot \rho \cdot E_{\max}}; \quad (12)$$

$$K_{в_2} = 1 - \frac{t_2 \cdot \rho \cdot E_{\min}}{n \cdot E_{н}}. \quad (13)$$

Формулы (12) и (13) выгодно отличаются от предыдущих тем, что при пользовании ими отпадает необходимость в измерении яркости света в воде.

Еще одно упрощение можно ввести, если учесть, что кривые распределения освещенности в море при диффузном освещении на глубине лова по форме близки к окружности.

Для окружности (рис. 6)  $OC \cdot OB = OD \cdot OE$ . Кроме того, обычно  $OD$  мало в сравнении с  $OE$  и  $\angle ECO$  можно считать прямым. Тогда

$$\frac{OC}{OE} = \cos \varphi = u_1,$$

где  $u_1$  — горизонтальный посадочный коэффициент.

Следовательно,

$$\frac{E_n}{E_{\max}} = \frac{OD}{OC} = \frac{OD}{OE \cdot \cos \varphi} = \frac{OD}{OE \cdot u_1},$$

а

$$\frac{E_{\min}}{E_n} = \frac{OB}{OD} = \frac{OE}{OC} = \frac{1}{\cos \varphi}.$$

Подставляя значения  $\frac{E_n}{E_{\max}}$  и  $\frac{E_{\min}}{E_n}$  и обозначая  $OE$  через  $E_B$ , получим:

$$K_{B_1} = 1 - \frac{n}{t_1 \cdot \rho \cdot u_1} \cdot \frac{E_n}{E_B}; \quad (14)$$

$$K_{B_2} = 1 - \frac{t_2 \rho}{n \cdot u_1}. \quad (15)$$

Удобство формул (14), (15) состоит в том, что, пользуясь ими в случае любого посадочного коэффициента сетного полотна, необходимо знать лишь освещенность нижней и верхней горизонтальной плоскости, что упрощает измерения и расчеты. Естественно, что точность формул с введением допущений понижается.

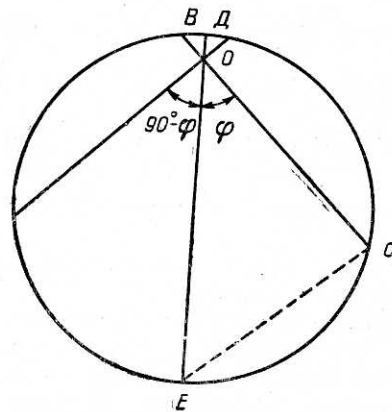


Рис. 6. К определению яркостного контраста элементов орудий лова с фоном.

Как показано ранее, ко многим элементам орудий лова предъявляются требования наибольшей и наименьшей видимости. Наибольшую и наименьшую видимость при одинаковом  $\epsilon$  имеют элементы с соответственно наибольшим и наименьшим яркостным контрастом. Практически регулировать величину яркостного контраста можно за счет изменения окраски и ориентации элементов орудий лова. Наибольший яркостный контраст при прочих одинаковых условиях возможен только в случае черной или белой окраски элементов.

Чтобы решить, при какой окраске, черной или белой, будет наблюдаться наибольший яркостный контраст, нужно в формулы для определения контраста подставить значения  $\rho$  черной и белой поверхности. Для одного из указанных  $\rho$  значение  $K_B$  будет наибольшим. Если окраска наибольшей видимости белая, то больший контраст соответствует большим посадочным коэффициентам и аналогичным этим посадочным коэффициентам положениям других цилиндрических элементов орудий лова. Если окраска наибольшей видимости черная, то ориентация элемента, в том числе и посадочный коэффициент, не влияют на его видимость, поскольку яркость объекта при различной его ориентации остается одинаковой. Практически окраска элементов не бывает идеально черной, и некоторое влияние на видимость черных элементов их ориентация все же оказывает. Естественно, что видимость даже идеального черного элемента на различно ориентированном фоне будет неодинакова.

Добиться наибольшей видимости орудия лова за счет добавления к яркостному контрасту цветного нельзя. При окраске в любой хроматический цвет яркостный контраст меньше, чем при окраске в черный или белый, а сложный контраст в предельном случае, видимо, не более яркостного контраста черного или белого элемента. Так, по данным П. А. Демидова [26], П. В. Тюрина, Ю. В. Кадыльникова [32], в прозрачных водах наихудшие уловы среди сетей различной окраски имели не цветные сети, а белые; в мутных водах, по сообщению Николаева и Ульянкина и нашим данным, черные сети.

Наименьшей в данных условиях видимости элемента орудия лова в воде можно добиться также за счет выбора соответствующей окраски и ориентации элемента.

Чтобы получить коэффициент отражения  $\rho_n$  поверхности наименьшей видимости, надо приравнять значения  $K_{в1}$  и  $K_{в2}$  из полученных ранее формул для их определения и из составленных уравнений найти значения  $\rho$ .

Приравниваем значения  $K_{в1}$  и  $K_{в2}$  из уравнений (9) и (10), (12) и (13), (14) и (15) и получаем соответственно

$$\rho_n = \frac{\pi B_\phi}{\sqrt{t_1 t_2} \cdot \sqrt{E_{\max} \cdot E_{\min}}}; \quad (16)$$

$$\rho_n = \frac{n E_n}{\sqrt{t_1 t_2} \cdot \sqrt{E_{\max} \cdot E_{\min}}}; \quad (17)$$

$$\rho_n = \frac{n}{\sqrt{t_1 t_2}} \cdot \sqrt{\frac{E_n}{E_b}}. \quad (18)$$

Меньшая видимость достигается обычно при меньших посадочных коэффициентах и соответствующих этим посадочным коэффициентам положениях других цилиндрических элементов.

Удобно и наглядно представить все расчеты для определения  $K_{в}$  и  $\rho$  в графической форме. Для этого введем следующие обозначения:

$$\frac{\pi B_\phi}{t_1 \cdot E_{\max}} = a; \quad \frac{\pi \cdot B_\phi}{t_2 \cdot E_{\min}} = b.$$

Тогда

$$K_{в1} = 1 - \frac{a}{\rho}; \quad K_{в2} = 1 - \frac{b}{\rho}; \quad \rho_n = \sqrt{a \cdot b}.$$

На рис. 7 изображен график зависимости между  $K_{в1}$ ,  $K_{в2}$  и  $\rho$  для различных значений  $a$  и  $b$ .

Контрасты  $K_{в1}$  и  $K_{в2}$  определяются точками пересечения ординат, соответствующих заданному значению  $\rho$  соответственно с линиями  $a$  и  $b$ ;  $\rho_n$  для данных значений  $a$  и  $b$  является абсциссой точки пересечения соответствующих линий  $a$  и  $b$ . Коэффициент отражения  $\rho_{нб}$  элемента орудия лова наибольшей видимости определяется по наибольшей величине контраста белой или черной поверхности.

Разберем далее вопрос о величине коэффициентов, входящих в формулы для определения  $K_{в}$  и  $\rho$ .

Значения коэффициента  $n$ , устанавливающего зависимость между яркостью фона  $B_\phi$  и освещенностью нижней горизонтальной плоскости  $E_n$  можно найти по графику, изображенному на рис. 8.

Данные для построения графика получены в результате гидрооптических наблюдений в водах различной прозрачности и на различной глубине при диффузном освещении поверхности воды.

Значение  $n$  для  $\frac{E_b}{E_n} = 2,4$  получено с кривых распределения предельно рассеянного света.

Коэффициент  $t_1$  зависит от фотометрических свойств и восприятия рыбой светлой поверхности элемента на темном фоне. Видимая яркость светлой части элемента на темном фоне меньше, чем определяемая величиной  $E_{\max}$  за счет не совсем диффузного отражения от поверхности элементов и частичной потери света, проникающего внутрь волокон.

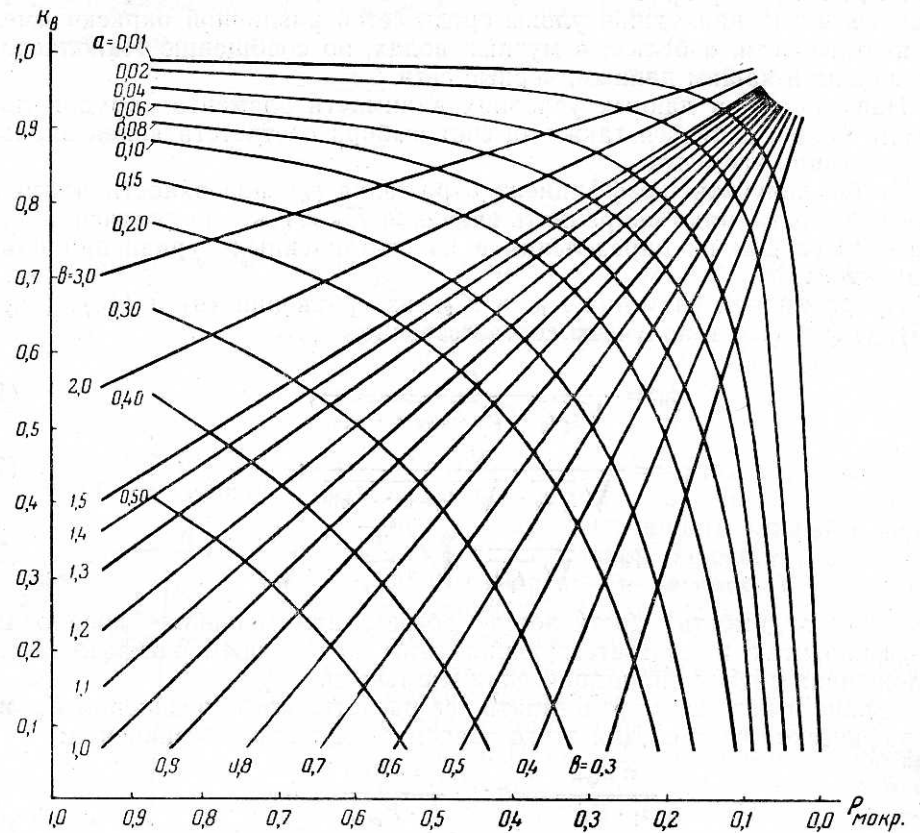


Рис. 7. Зависимость между  $K_v$  и  $\rho$  серых элементов орудий лова для различных значений  $a$  и  $b$ .

Кроме того, видимость светлого участка может определять не самая освещенная элементарная площадка, а соседние с ней, менее освещенные участки элемента. Таким образом,  $t_1$  должен быть во всех случаях меньше единицы.

Коэффициент  $t_2$  зависит от фотометрических свойств и восприятия рыбой темной части элемента на светлом фоне. За счет не совсем диффузного характера отражения от поверхности элемента и частичной потери света, проникающего внутрь волокон, видимая яркость наиболее темного участка элемента должна быть меньше, чем определяемая величиной  $E_{\min}$ . С другой стороны видимая яркость элемента может быть больше, чем определяемая величиной  $E_{\min}$ , вследствие влияния на его видимость угловых размеров темного участка элемента на светлом фоне, а также потому, что самый темный элементарный участок не всегда виден рыбе.

Фотометрические свойства элементов сетных орудий лова изучены очень слабо. Некоторые сведения о таких свойствах можно найти в литературе по текстильным материалам [33], [37].

Давая общее представление о явлениях, происходящих со световыми лучами на поверхности волокнистых материалов, эти сведения не поз-

воляют сделать какие-либо заключения о величине коэффициентов  $t_1$  и  $t_2$ . Эта причина и необходимость учитывать особенности зрительного восприятия рыб позволяют сказать, что значение  $t_1$  и  $t_2$  можно получить на основании экспериментов, в которых непосредственно учитываются и фотометрические свойства элементов орудий лова и особенности зрительного восприятия рыбы. Такие эксперименты могут быть проведены различными методами: физиологическими, биологическими, путем наблюдений за уловистостью сетей различной окраски. Однако ни один из этих методов не даст достаточно точных значений коэффициентов  $t_1$  и  $t_2$ . Мы остановились на последнем способе по ряду причин: во-первых,

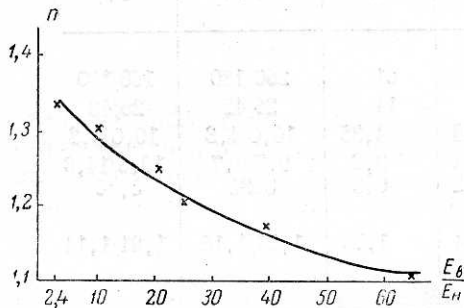


Рис. 8. К определению коэффициента  $n$ , устанавливающего зависимость между яркостью фона  $E_{\text{в}}$  и освещенностью нижней горизонтальной плоскости  $E_{\text{н}}$  для диффузного освещения на глубине лова.

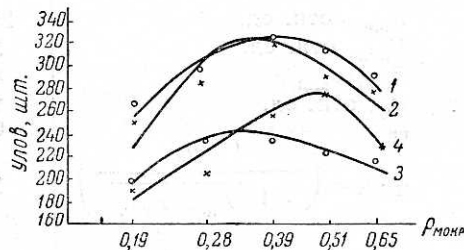


Рис. 9. Уловы серых сетей на Северном Каспии для различных типов светового режима: 1 — I тип светового режима (диффузное освещение); 2 — II тип светового режима (диффузное освещение); 3 — III тип светового режима (сетное полотно рассматривалось рыбой от солнца); 4 — IV тип светового режима (сетное полотно рассматривалось рыбой «на просвет»).

результаты уловистости сетей различной окраски позволяют получить непосредственно данные об окраске элементов наименьшей видимости в воде для данных условий, что является одной из основных целей нашей работы; во-вторых, надежность результатов наблюдений возрастает с увеличением числа наблюдений; в-третьих, метод выравнивания статистических рядов позволяет в какой-то мере сгладить элементы случайности в наблюдениях.

На рис. 9 представлены результаты наблюдений за уловистостью сетей серой окраски, проведенных на Северном Каспии. Каждая выровненная кривая соответствует уловам различных серых сетей при определенном световом режиме.

Вершина кривой позволяет определить  $\rho_{\text{н}}$ . Зная  $\rho_{\text{н}}$  и располагая данными о световом режиме во время работы сетей, можно найти значения  $t_1 \cdot t_2$  для этих типов светового режима.

В табл. 4 приведены данные, необходимые для определения произведения коэффициентов  $t_1 \cdot t_2$  для некоторых типов светового режима на глубине лова.

В табл. 5 приведены данные об условиях лова при различных световых режимах во время работы экспериментальных сетей.

Таким образом, во всех случаях  $t_1 \cdot t_2$  больше 1. Среднее значение произведения оказалось равным 1,15. Поскольку  $t_1$  всегда меньше единицы, то естественно, что  $t_2$  должен быть больше единицы и, кроме того, должен значительно отличаться от единицы, чем  $t_1$ .

Распределение освещенности по поверхности верхней половины сетной нити обычно таково, что влияние положения рыбы относительно



элемента и направления линии зрения должно слабо сказываться на видимой яркости этой половины сетной нити и значение  $t_1$  в основном определяется фотометрическими свойствами поверхности сетной нити. Для уточнения значений  $t_1$  мы визуальным образом определяли дальность видимости  $l$  капроновых сетных нитей, видимость которых характеризовала светлая половина на темном фоне. По значению  $l$  находили действительную яркость  $B_d$  наиболее светлого участка поверхности.

Таблица 4

Тип светового режима	I	II	III	IV
$E_{\max}$ , отн. ед.	25	61	260/180	160/180
$E_{\min}$ , отн. ед.	3	14	26/42	26/42
$E_{\max}/E_{\min}$	8,33	4,35	10,0/4,3	10,0/4,3
$B_{\phi}$ , отн. ед.	1,24	3,3	9,7/9,7	13,6/14,8
$\rho_n$	0,42	0,34	0,32	0,46
$t_1 \cdot t_2 = \left( \frac{\pi B_{\phi}}{\rho_n \sqrt{E_{\max} E_{\min}}} \right)^2$	1,14	1,06	1,27/1,18	1,21/1,14

Примечание. Для III и IV световых режимов (солнечное освещение поверхности воды) расчеты приведены отдельно для продольных и поперечных нитей сетного полотна.

Таблица 5

Тип светового режима	Характер освещения поверхности воды	Интервалы прозрачности воды, м	Расчетная прозрачность воды, м
I	Диффузное	0,40—0,60	0,50
II	"	0,60—1,10	0,80
III	Солнечное	0,45—1,10	0,80
IV	"	0,45—1,10	0,80

Примечание. Расчетная глубина лова 1,35 м.

Затем определялась яркость  $B_e$  того же участка по его освещенности, считая поверхность элемента непрозрачной, а отражение от поверхности диффузным.

Отношение  $\frac{B_d}{B_e}$  давало значение коэффициента  $t_1$ . Значения  $t_1$ , полученные для различных световых режимов, прозрачности воды, посадочного коэффициента, колебались от 0,84 до 0,95, так что среднее значение  $t_1$  оказалось равным 0,9.

Соответственно приближенное значение  $t_2$  равно 1,28. Естественно, что величину коэффициентов  $t_1$  и  $t_2$  и произведения  $t_1 \cdot t_2$  требуется уточнить для различных условий лова, пород рыб, сетматериалов с различными фотометрическими свойствами и т. д. Для установления зависимости между зрительным восприятием рыбы, с одной стороны, и глазом человека и объективом фотоаппарата, с другой, мы провели визуальные наблюдения и подводное фотографирование образцов экспериментальных сетей при тех же световых режимах, при которых они работали.

Ниже приведены данные визуальных наблюдений для I и II типа световых режимов.

$\rho$ сетного полотна	Дальность видимости, м	
	I	II
0,19	0,38	0,56
0,28	0,36	0,52
0,39	0,34	0,52
0,51	0,35	0,55
0,65	0,37	0,57

Анализ таблиц показывает, что наиболее уловистые сети в обоих случаях имели и наименьшую видимость глазом человека. Наименьшую видимость имеют наиболее уловистые сети и на фотографии, полученной при II световом режиме (рис. 10).

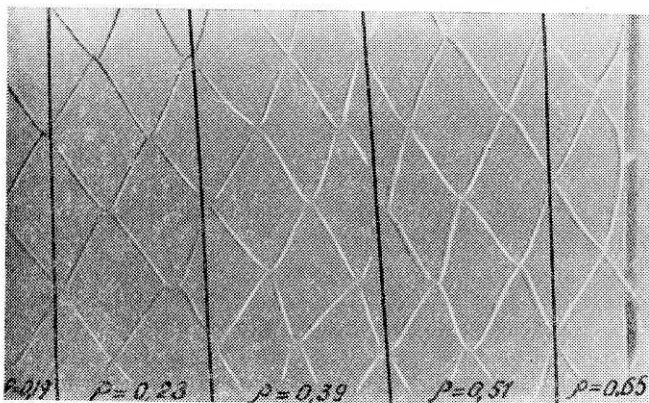


Рис. 10. Фотография образцов промысловых сетей при II типе светового режима.

### Определение преимущественного светового режима на глубине лова

Колебание светового режима на поверхности воды и гидрологического режима в море вызывает изменение характера освещения на глубине лова. Это значит, что окраска элементов орудий лова оптимальной видимости и их контраст с фоном постоянно меняются и возникает необходимость подбирать окраску, которая возможно полнее удовлетворяла бы условию оптимальной видимости элемента в течение всего срока промысла.

Этот вопрос можно решить, если известен преимущественный световой режим на глубине лова в данном районе промысла. Преимущественный световой режим следует определять на путину, промысловый сезон или на все промысловое время в течение года в зависимости от режима работы орудия лова, от возможности или необходимости подкрашивания или замены орудий лова.

Меньший промежуток времени при определении преимущественного светового режима на глубине лова, конечно, предпочтительнее, так как в этом случае он ближе соответствует действительному световому режиму. При определении преимущественного светового режима нужно придерживаться следующей последовательности.

1. Определяется, какой режим освещения воды, диффузный или со светилом, преобладает за время работы орудия лова.

2. Определяется преимущественная прозрачность воды и преимущественная глубина лова.

3. Определяются преимущественные азимуты восхода и захода светила, их высота над горизонтом, преимущественная ориентация орудия лова.

4. Устанавливается, в какое время суток и промыслового сезона влияние видимости элементов орудий лова на уловистость больше, т. е. когда можно получить наибольший промысловый эффект.

Преимущественным условиям лова соответствует определенный световой режим, данные об угловом распределении света при котором используются при расчете видимости и оптимальной окраски элементов орудий лова.

Приближенные расчеты показывают, что диффузное освещение на поверхности воды для всех районов промысла составляет более 50% от общего времени пребывания орудия лова в воде; так, по Каспию средняя облачность за год составляет 50—65%, по Черному морю — 55%, по Баренцевому морю — около 80%, Северной Атлантике — 65—75%, Балтийскому морю — 60—65%, Японскому морю — 58—66%, Берингову морю — 75—80%.

Кроме того, необходимо учесть безлунные, утренние и вечерние сумерки, время с туманами, когда освещение на поверхности воды также диффузное.

Очевидно, диффузный режим освещения и следует принимать в большинстве случаев для определения осредненного значения  $K_v$  и  $\rho$ . Это тем более верно, что наибольшие уловы, как правило, наблюдаются именно при диффузном освещении поверхности воды, например в сумерки. Однако время видимого стояния светил, их положение на небе, ориентацию орудия лова и его элементов в ряде случаев необходимо учитывать путем введения соответствующих поправочных коэффициентов. Например, в весеннюю путину на Северном Каспии рыба в основном попадает в сети с юга, поэтому сетное полотно в этом случае выгодно окрашивать несколько темнее, чем это необходимо для преимущественного светового режима. В осеннюю путину рыба примерно с одинаковой интенсивностью попадает в сети и с юга, и с севера.

В этом случае положение светила на небе можно не учитывать.

#### Зависимости между коэффициентами отражения мокрой и сухой поверхности элементов орудий лова

При расчетах  $K_v$  и  $\rho$  необходимо пользоваться коэффициентами отражения мокрой поверхности материалов. В то же время на практике удобно измерять коэффициент отражения сухой поверхности.

Зависимость между коэффициентами отражения мокрой и сухой серой поверхности хлопчатобумажного и капронового материала дана на рис. 11 по результатам наших наблюдений. Откуда следует:

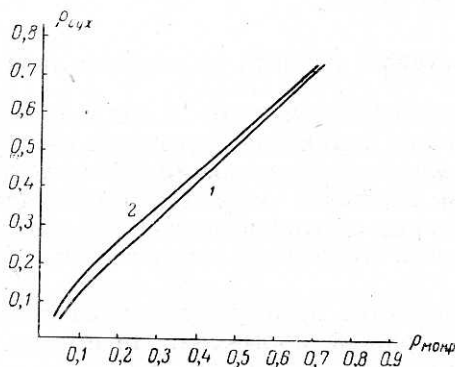


Рис. 11. Зависимость между коэффициентами отражения мокрой и сухой поверхности:

1 — капроновые материалы; 2 — хлопчатобумажные материалы.

а)  $\rho_{\text{мокр}}$ , во всех случаях больше, чем  $\rho_{\text{сух}}$ ;

б) изменение  $\rho$  при намокании больше у хлопчатобумажных мате-

риалов, чем у капроновых. Наибольшая разница (0,03—0,06) наблюдается для материалов с коэффициентами отражения 0,15—0,30. Для более темных и более светлых материалов разница между  $\rho_{\text{мокр}}$  и  $\rho_{\text{сух}}$  меньше.

### Изменение цвета сети в процессе ее работы

В процессе работы сетные и веревочные материалы изменяют свой цвет. У серых материалов это обычно выражается в изменении коэффициента отражения поверхности, у хроматических поверхностей наблюдается выцветание материалов, при этом цветовой тон материала не меняется, но они становятся более белесыми, т. е. изменяется чистота

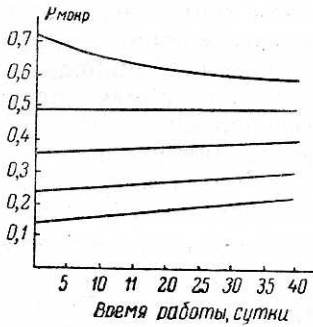


Рис. 12. Изменение окраски серых сетей в процессе их работы.

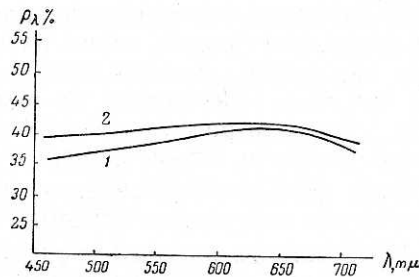


Рис. 13. Спектральный состав розовых сетей:  
1 — в начале работы; 2 — в конце работы.

цвета. Цвет материалов меняется вследствие вымывания красителя или консерванта, а также вследствие загрязнения материала. Быстрота изменения окраски в процессе работы зависит от вида и качества красителя или консерванта, качества крашения, режима работы орудия лова и условий его хранения, характеристики вод, в которых работает орудие лова (их чистота, температура и т. д.).

На рис. 12 показан график, характеризующий изменение  $\rho$  серых капроновых сетей в процессе работы на Северном Каспии. Из графика видно, что все сети, за исключением белых, в процессе работы стали светлее вследствие вымывания красителя. Изменение окраски всех сетей, кроме белых, пропорционально времени работы сетей.

На рис. 13 показан характер изменения окраски розовых сетей в процессе работы на Северном Каспии. Как видим, цветные сети постепенно выцветают, светлеют.

Изменение цвета сетематериалов в процессе работы необходимо учитывать, корректируя полученное по расчету значение  $\rho$  обычно в сторону уменьшения.

Количественная сторона корректировки зависит от многих факторов: быстроты изменения цвета сетематериалов, продолжительности промысловых сезонов и их чередования, важности того или иного промыслового сезона, изменения светового режима в течение промыслового сезона и т. д.

### Влияние иррадиации на видимость сетного полотна

Исследуя вопрос об окраске сетного полотна обьячеивающих орудий лова, Ф. И. Баранов [14] указывает, что вследствие явления иррадиации сеть лучше окрашивать темнее фона воды.

Попытаемся выяснить, правильно ли указанное положение и велико ли значение иррадиации как фактора, влияющего на видимость сетного полотна.

Современное определение иррадиации таково: иррадиация — явление кажущегося увеличения белых (светлых) объектов на черном (темном) фоне (при сравнительно большой яркости белого объекта) или, наоборот, черных объектов на белом фоне (при малых яркостях фона). В первом случае иррадиацию называют положительной, во втором — отрицательной. Рассмотрим, какие виды иррадиации возможны в нашем случае.

Сеть окрашена темно, так что верхние освещенные верхним светом части ее приближаются по яркости к цвету фона (как предполагает Ф. И. Баранов). В этом случае верхняя половина нити сливается с фоном, а нижняя половина рассматривается как темная на светлом фоне малой яркости. Верхняя половина нити в этом случае не иррадирует. Нижняя половина как темная на светлом фоне малой яркости будет казаться несколько больше своих размеров (отрицательная иррадиация).

Сеть окрашена слишком светло. Верхняя половина нити рассматривается при этом как светлая на темном фоне. Нижняя половина имеет яркость, примерно равную яркости фона. Верхняя половина будет иррадиировать только в случае хорошей освещенности сетного полотна.

Обычно освещенность сетного полотна невелика и иррадиация слабо выражена или отсутствует совсем.

Яркость сетного полотна совпадает с яркостью фона. В этом случае верхняя половина сетной нити рассматривается как светлая на темном фоне, а нижняя, наоборот, как темная на светлом фоне. Для верхней половины возможна положительная иррадиация, для нижней — отрицательная.

Однако степень проявления иррадиации и в этом и в другом случае будет невелика ввиду малого контраста верхней и нижней половины сетной нити с фоном. Таким образом, окраска наименьшей видимости в воде гарантирует от значительного влияния иррадиации при любой освещенности.

#### **Влияние искусственного источника света в зоне расположения сетного полотна на его видимость**

На видимость контраста большое влияние оказывает окружающий фон. При появлении в поле зрения участков повышенной яркости происходит снижение видимости объектов. Это явление связано с индуктивным действием участков поля зрения, имеющих различную яркость и, несомненно, свойственно глазу рыбы. Очевидно, то неравномерное распределение яркости, которое обусловлено особенностями распространения естественного света в воде, не оказывает влияния на видимость сетного полотна ввиду приспособленности глаза рыбы к такому распределению яркости (об этом говорит факт неравномерного распределения светочувствительных элементов по сетчатке глаза рыбы).

Поэтому мы имеем в виду искусственно создаваемое распределение яркости в воде, например путем установки в зоне расположения орудия лова источника света.

Действие побочного источника света аналогично наложению снижающей контраст некоторой равномерной яркости, величина которой зависит от освещенности, создаваемой побочным источником света на глазу рыбы, и от угла, составленного направлениями на участок сетного полотна и на источник. В общем случае можно сказать, что величина порога контрастной чувствительности  $\epsilon$  тем больше, чем большую освещенность на глазу рыбы дает побочный источник и чем меньше

угловое расстояние между этим источником и рассматриваемым участком сетного полотна.

Действие нескольких боковых источников света аддитивно. Устанавливать источник света для некоторого изменения видимости участка орудия лова необходимо осторожно, подобрав соответствующим образом место расположения источника света, его мощность, угол растворения. Иначе вместо ожидаемого ухудшения или улучшения видимости участка орудия лова будет обратное явление. Следует помнить, что, кроме влияния на видимость орудия лова, побочный источник вызывает реакцию на свет, что во многих случаях и определяет воздействие источника света на поведение рыбы в зоне действия орудия лова.

#### Построение кривой распределения освещенности по четырем замерам освещенности

Для определения  $K_v$  и  $\rho$  необходимо знать кривые тела распределения освещенности. Кривую распределения освещенности можно приближенно построить, зная величину освещенности четырех плоскостей: нижней и верхней горизонтальных и двух вертикальных.

На самом деле, построение кривой распределения освещенности для нижней полусферы по трем точкам не вызывает затруднений ввиду малости величины освещенности и плавности ее углового изменения. Кривую распределения освещенности для верхней полусферы можно построить, используя правило, установленное проф. А. А. Гершуном [20]. Точки, соответствующие разности противоположно направленных радиусов-векторов освещенности, должны обязательно лежать на сфере, проходящей через точку, для которой определялось тело освещенности. Из этого правила можно сделать вывод: точки, соответствующие разности противоположно направленных радиусов-векторов кривой распределения освещенности во всех без исключения случаях должны лежать на окружности, проходящей через исследуемую точку. Для случая, изображенного на рис. 14, имеем

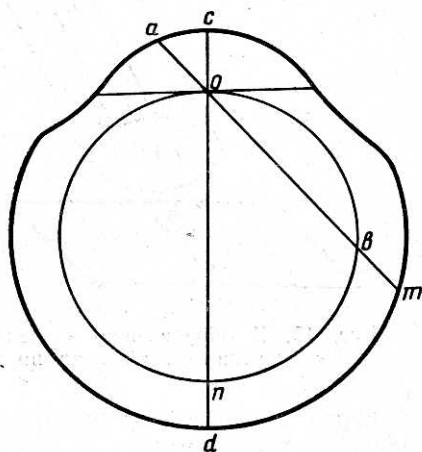


Рис. 14. К построению кривой распределения освещенности по четырем замерам освещенности.

$$on = od - oc \text{ и } ob = om - oa.$$

#### Определение значений освещенности элементарных участков орудия лова по телу распределения освещенности

При определении  $K_v$  и  $\rho$  возникает необходимость брать значения освещенности различно ориентированных участков орудия лова с тела распределения освещенности.

В случае диффузного освещения на глубине лова, когда распределение освещенности характеризуется кривой распределения освещенности, нами была установлена следующая зависимость между ориентацией элементарного участка и углом  $\varphi$  с кривой распределения освещенности

$$\cos \varphi = \cos \psi \cdot \cos \beta, \quad (19)$$

где  $\psi$  — угол между осью цилиндрической поверхности и горизонтальной плоскостью (рис. 15);  
 $\beta$  — угол между вертикальной плоскостью и плоскостью, нормальной к данному элементу поверхности.

Если освещение на глубине лова недиффузное, то необходимо знать не только угол  $\varphi$ , но и азимутальный угол  $A$ , который определяет, в какой вертикальной плоскости берется значение освещенности. Азимутальный угол удобно отсчитывать от вертикальной плоскости, проходя-

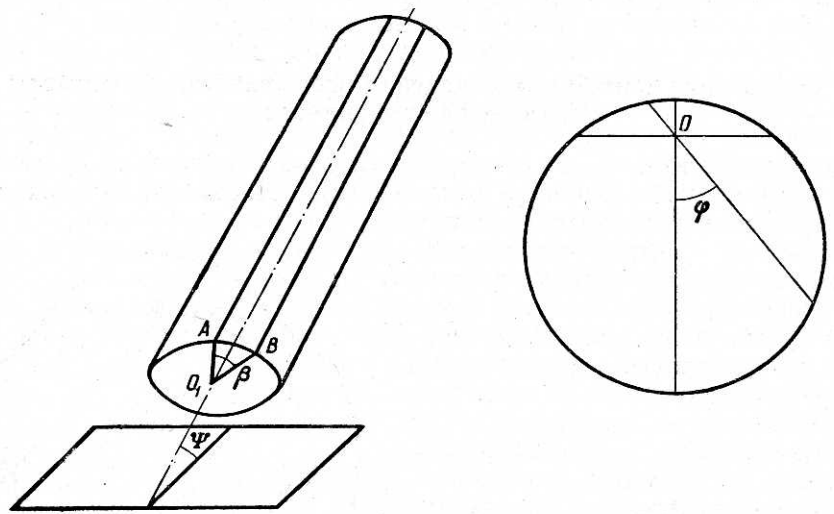


Рис. 15. К определению значений освещенности элементарных участков элементов орудий лова по кривой распределения освещенности.

щей через ось цилиндрического элемента. Тогда его значение можно определить по формуле

$$\cos A = \frac{\cos \beta \cdot \sin \psi}{\sqrt{\sin^2 \beta + \cos^2 \beta \cdot \sin^2 \psi}} \quad (20)$$

#### ХАРАКТЕР И СТЕПЕНЬ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА ВИДИМОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ ОРУДИЙ ЛОВА И ИХ ОПТИМАЛЬНУЮ ОКРАСКУ

Видимость элементов орудий лова в воде определяется рядом факторов. Очень часто влияние одного фактора накладывает отпечаток на характер и степень влияния другого. Вот почему затруднительно говорить о характере и степени влияния различных факторов на видимость и оптимальную окраску элементов в общем случае, и мы ограничимся рассмотрением некоторых закономерностей для случаев, имеющих небольшое значение в практике промышленного рыболовства. Большинство данных, представленных в этом разделе, получено в результате применения предложенных методов расчета видимости и оптимальной окраски орудий лова и данных гидрооптических наблюдений.

**Влияние прозрачности воды.** Прозрачность воды — один из основных факторов, влияющих на угловое распределение цветности и яркости в воде, и единственный фактор, от которого зависит интенсивность процесса образования световой пелены, налагаемой на объект в воде.

Прозрачность воды в промысловых районах СССР не превышает, как правило, 20 м и подвержена колебаниям иногда значительным. Эти колебания носят или сезонный характер (под влиянием изменения ко-

личества планктона вследствие выноса из рек взвешенных частиц при таянии льда) или случайный характер (вследствие изменения ветрового режима). Особенно велики колебания прозрачности в прибрежной зоне и на мелководье, где под влиянием штормов прозрачность может изменяться в несколько раз. Например, в весеннюю пугину 1960 г. на Северном Каспии на глубине 3 м прозрачность воды колебалась от 0,3 до 0,9 м; на глубине 5 м — от 0,4 до 2,5 м. На Черном море в прибрежной зоне прозрачность воды, по нашим измерениям, колебалась от 0,25

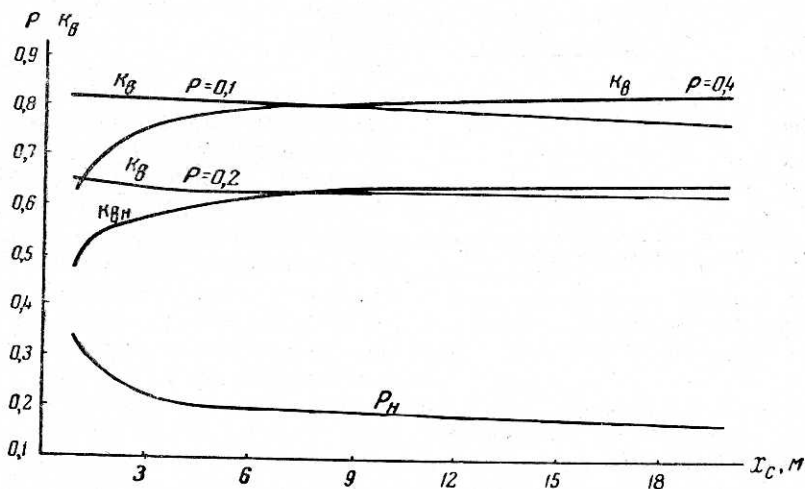


Рис. 16. Влияние прозрачности воды на  $\rho_n$ ,  $K_{Bн}$  и  $K_B$  вертикально расположенного сетного полотна ( $u_1 = 0,5$ ), рассматриваемого на вертикальном фоне; освещение поверхности воды диффузное; глубина 2 у. е.

до 4 м. Прозрачность воды часто неодинакова по глубине. Слой с минимальной прозрачностью расположен в пределах верхних 50 м. Положение этого слоя может меняться в зависимости от времени года и даже в течение суток.

О характере влияния прозрачности воды на распределение цветности в море и цветовой контраст элементов орудий лова с фоном было сказано выше. Рассмотрим, как влияет прозрачность воды на угловое распределение яркости в море и яркостный контраст орудий лова с фоном. Чем меньше прозрачность, тем в общем равномернее в поверхностных слоях воды угловое распределение яркости. Это и определяет характер влияния прозрачности воды на  $\rho_n$  и контраст сетного полотна с фоном.

Данные, приведенные на рис. 16, говорят о том, что на одной и той же оптической глубине с увеличением прозрачности воды  $\rho$  уменьшается, а  $K_{Bн}$ , наоборот, увеличивается. Можно сформулировать такое правило, справедливое для диффузного освещения на глубине лова в случае вертикально расположенного сетного полотна, рассматриваемого на вертикальном фоне: чем равномернее угловое распределение яркости, тем светлее при прочих равных условиях окраска сетного полотна наименьшей видимости и тем меньше  $K_{Bн}$ . При недиффузном освещении на глубине лова степень влияния прозрачности воды на  $\rho_n$  и  $K_{Bн}$  зависит от взаимного расположения светила и сетного полотна, но общий характер влияния, как правило, остается тем же.

Влияние прозрачности воды на величину контраста для произвольного значения  $\rho$  показано на рис. 16 (сетное полотно расположено вертикально и рассматривается на вертикальном фоне).



Таким образом, когда  $\rho > \rho_n$ , то при увеличении прозрачности воды  $K_v$  увеличивается, когда  $\rho < \rho_n$  уменьшается. Прозрачность воды влияет на процесс образования световой пелены, за которой скрывается объект при его удалении от глаза наблюдателя. О влиянии прозрачности воды на процесс образования световой пелены можно судить на основании формулы (3), выражающей зависимость между видимым и истинным яркостным контрастом.

Очевидно, что предельное расстояние, с которого виден объект, также в значительной степени зависит от прозрачности воды. Однако для

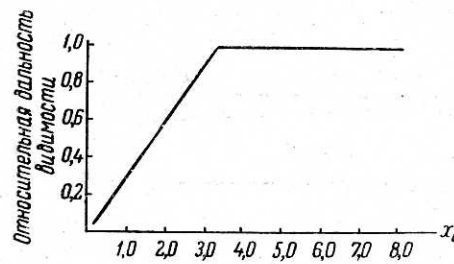


Рис. 17. Влияние прозрачности воды на относительную дальность видимости элементов орудий лова.

сетного полотна такое влияние называется для прозрачности воды менее 3—5 м. При прозрачности воды более 3—5 м дальность видимости сетного полотна определяется преимущественно малыми видимыми угловыми размерами сетной нити. На рис. 17 представлен график, показывающий изменение относительной дальности видимости сетного полотна в зависимости от прозрачности воды при  $K_v = 0,7$  и  $\epsilon = 0,02$ , предельная дальность видимости  $l$  принята равной 2,75 м ( $\epsilon$  и  $l$  взяты

для кефали). Оказалось, что в рассматриваемом случае дальность видимости зависит от прозрачности воды для  $x_c < 3,35$  м.

**Влияние глубины лова.** Глубина лова влияет на распределение цветности и яркости в море. Наши измерения показывают, что с увеличением глубины происходит постепенное выравнивание цветности по различным направлениям. Это значит, что цветовой контраст серой поверхности элемента орудий лова с фоном убывает с глубиной.

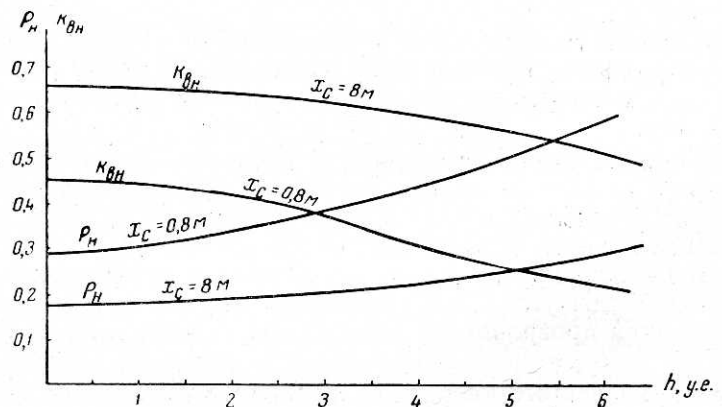


Рис. 18. Влияние глубины лова на  $\rho_n$  и  $K_{vn}$  вертикального сетного полотна ( $u_1 = 0,5$ ) на вертикальном фоне; освещение воды диффузное.

Распределение яркости в море с глубиной стремится к стационарному. Глубина, на которой наступает стационарное распределение яркости, равна для случая освещения поверхности воды лучами солнца 25—30 у. е.; при диффузном освещении эта глубина в два-три раза меньше. Стационарному распределению соответствуют  $\rho_n = 0,8$  и  $K_{vn} = 0,075$ . Эти данные приведены для вертикально расположенного сетного полотна с посадочным коэффициентом  $u_1 = 0,5$ , рассматриваемого на вертикальном фоне.

Лов рыбы всеми орудиями лова, кроме донных тралов, производится преимущественно на глубинах, освещение которых не характеризуется стационарным распределением яркости.

Как видим, изменение  $\rho_n$  (рис. 18) с глубиной происходит довольно медленно, причем  $\rho$  преимущественно увеличивается. Изменение углового распределения света по высоте орудия лова следует учитывать, если высота эта превышает 2—3 *у. е.* Так же медленно с глубиной изменяется (преимущественно убывает)  $K_{вн}$ . Если величина  $\rho$  является  $\rho_n$  на какой-либо глубине, то кривая, характеризующая изменение  $K_v$  (рис. 19), имеет минимум, в противном случае значение  $K_v$  монотонно возрастает или убывает.

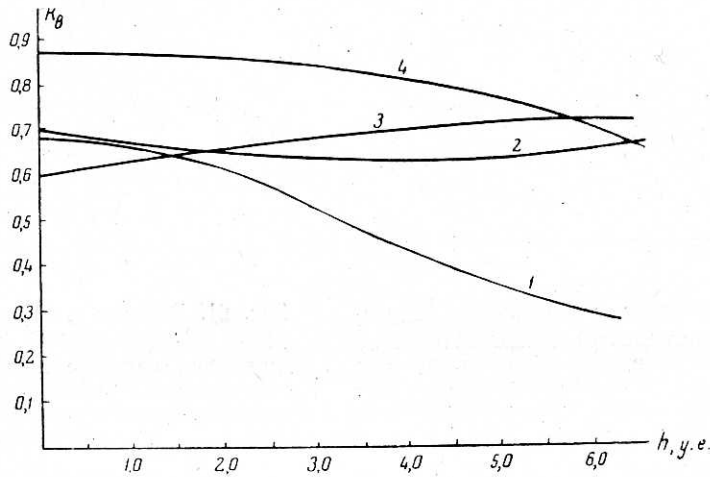


Рис. 19. Влияние глубины лова на  $K_v$  вертикально расположенного сетного полотна ( $u_1 = 0,5$ ), на вертикальном фоне (освещение воды диффузное):

1 — для  $\rho = 0,5$ ,  $x_c = 0,8$  м; 2 — для  $\rho = 0,2$ ,  $x_c = 8$  м;  
3 — для  $\rho = 0,2$ ,  $x_c = 0,8$  м; 4 — для  $\rho = 0,5$ ,  $x_c = 8$  м.

Если освещение на поверхности воды недиффузное, то с глубиной световой режим по характеру приближается к диффузному. Характер изменения  $\rho_n$  и  $K_{вн}$  при этом зависит от направления линии зрения. На рис. 20 показан график, характеризующий изменение  $\rho_n$  с глубиной для случаев: когда вертикально расположенное сетное полотно рассматривается на вертикальном фоне от солнца, «на просвет» и в направлении, перпендикулярном плоскости вертикала солнца. Отсюда видно, что с глубиной разница в величине  $\rho_n$  для различного азимутального направления вертикального фона постепенно уменьшается и становится равной нулю на глубине, где исчезли остатки прямого солнечного света.

**Влияние углового распределения света на поверхности воды.** Распределение цветности и яркости в воде по крайней мере в верхних ее слоях зависит от светового режима на поверхности воды.

Спектральный состав света, падающего на поверхность воды, зависит от времени суток и состояния неба. Как показывают измерения, колебание спектрального состава света на поверхности воды слабо влияет на спектральный состав света на глубине лова. Это влияние в основном сказывается на составе лучей, идущих вниз, и значительно слабее на составе лучей, направленных вверх. Степень влияния быстро убывает с глубиной.

Рассматривая распределение яркости на поверхности воды, можно указать на два основных случая освещения поверхности воды диффузным небесным светом:

1) когда тела распределения яркости и освещенности на любой глубине можно считать телами вращения и характеризовать распределение яркости и освещенности в море кривыми распределения яркости и освещенности;

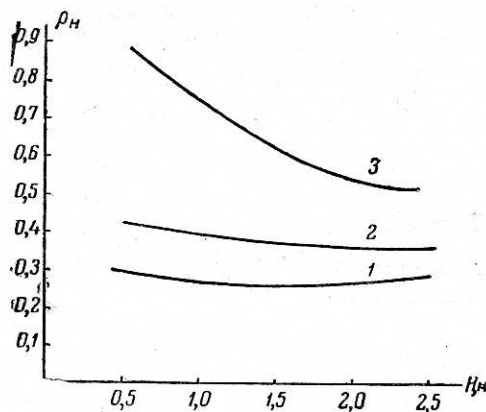


Рис. 20. Изменение с глубиной  $\rho_n$  вертикально расположенного сетного полотна на вертикальном фоне при рассмотрении его: 1 — от Солнца; 2 — в направлении, перпендикулярном плоскости вертикала светила; 3 — «на просвет».

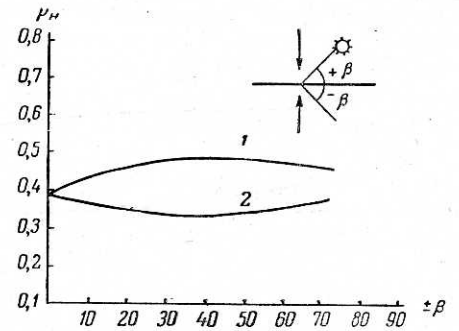


Рис. 21. Влияние положения светила на  $\rho_n$  сетного полотна ( $u_1 = 0,5$ ); освещение воды не диффузное, сетное полотно располагается вертикально и рассматривается на вертикальном фоне.

2) когда тела распределения яркости и освещенности имеют вид сложной объемной фигуры. В этом случае  $\rho$ ,  $K_{вн}$ ,  $K_v$  зависят от угла между вертикалом светила и азимутальным направлением элемента орудий лова, а также от высоты светила. Влияние угла между вертикалом светила и направлением сетного порядка сказывается различным образом на продольных и поперечных нитях одного и того же сетного полотна.

При оценке влияния высоты светила на видимость сетного полотна необходимо учитывать эффект преломления света на границе воздушной и водной среды. Угол преломления при любой высоте светила не превышает  $49^\circ$ . Поэтому влияние высоты светила на видимость орудия лова выражено не так резко, как это можно ожидать.

О влиянии положения светила на  $\rho_n$  можно судить на основании графика, приведенного на рис. 21 (для прозрачности воды 0,6 м и глубины 1,35 м). Кривая 1 характеризует изменение  $\rho_n$  при рассмотрении сетного полотна «на просвет», кривая 2 — при рассмотрении от солнца.

Одновременно с изменением азимутального угла  $\beta$  изменилась и высота Солнца. Максимальная высота светила при  $\beta = 90^\circ$  была  $57^\circ$ . Эти же графики позволяют проследить за изменением  $\rho_n$  в течение суток. Характер и степень изменения  $\rho_n$  в течение суток зависит от состояния неба, пути светила по небосводу, оптической глубины, на которой располагается орудие лова и т. д.

Изменение  $\rho_n$  меньше, если светило затянуто облаками, при более высоком ходе светила по небосводу и большей оптической глубине лова, если направление вертикально расположенного сетного полотна совпадает или близко к азимуту восходящего Солнца.

**Влияние света, отраженного от дна.** Грунт отражает световые лучи, падающие на него, и создает так называемую вторичную освещенность.

Влияние света, отраженного от дна, сказывается на угловом распределении цветности и яркости.

Если спектральная характеристика грунта близка к спектру серых поверхностей, то происходит выравнивание углового распределения цветности и уменьшение цветового контраста элементов орудий лова с фоном. Если спектральная характеристика грунта резко отличается от спектра серых поверхностей, то имеет место обратное явление. На рис. 22 приведены данные о спектральном составе грунта дна Северного Каспия (илистое дно) и на Кавказском побережье Черного моря (песчаное дно).

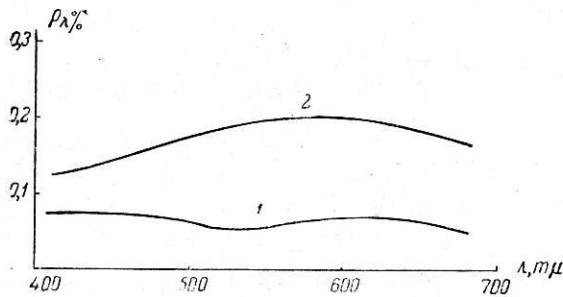


Рис. 22. Спектральный состав грунта: 1 — на Северном Каспии (илистое дно); 2 — на побережье Черного моря (песчаное дно).

Характер и степень влияния света, отраженного от дна, на угловое распределение света в воде и видимость орудий лова зависит от соотношения между верхним и нижним светом у дна, прозрачности воды, цвета грунта, расстояния между дном и элементом орудия лова, ориентации элемента орудия лова.

Таблица 7

Значение $x_c, м$	Влияние дна сказывается				Влияние дна не сказывается	
	$H, м$	$h, м$	$\rho_n$	$K_{вн}$	$\rho_n$	$K_{вн}$
0,8	2,5	0,4	0,57	0,21	0,52	0,29
0,8	2,5	1,2	0,45	0,30	0,43	0,33
8,0	25,0	1,0	0,32	0,42	0,29	0,50
8,0	25,0	5,0	0,26	0,54	0,25	0,57

Примечание.  $H$  — глубина в месте лова;  $h$  — расстояние от дна до рассматриваемого элемента.

О влиянии света, отраженного от дна, на  $\rho_n$  и  $K_{вн}$  можно судить на основании данных, приведенных в табл. 7. Все расчеты выполнены для одинаковых условий, но в одном случае сказывается влияние света, отраженного от дна, в другом — такого влияния нет.

Влияние дна сказывается сильнее при большем соотношении между верхним и нижним светом у дна, большей прозрачности воды, светлом грунте, меньшем расстоянии от дна до элемента орудий лова.

Как правило,  $K_{вн}$  под влиянием света, отраженного от дна, становится меньше, а  $\rho_n$  наоборот, больше.

**Влияние окраски элементов орудий лова.** Окраска элементов орудий лова является основным фактором, при помощи которого возможно

изменять видимость элементов орудий лова. Цвет элемента орудия лова имеет преобладающее влияние на величину цветового контраста элемента орудия лова с фоном. Наименьший цветовой контраст с фоном обычно имеют элементы, окрашенные в серый цвет, несколько больший контраст у элементов, окрашенных «под цвет воды». Значительный цветовой контраст с фоном имеют элементы, спектральная характеристика которых резко отличается от спектрального состава лучей, образующих фон.

Степень влияния окраски на видимость орудий лова зависит от всех астрономических, метеорологических, гидрологических и фотометрических факторов. Определим быстроту изменения  $K_B$  в зависимости от  $\rho$  серой поверхности

$$\frac{dK_B}{d\rho} = \frac{\pi B_\Phi}{t_1 E_{\max} \rho^2}; \quad (21)$$

$$\frac{dK_B}{d\rho} = \frac{t_2 E_{\min}}{\pi B_\Phi}. \quad (22)$$

Таким образом, быстрота изменения контраста, когда светлый объект (или часть его) рассматривается как светлый на темном фоне, пропорциональна  $\frac{1}{\rho^2}$  и зависит от яркости фона, освещенности наиболее яркого участка объекта и величины коэффициента  $t_1$ . Когда темная часть объекта рассматривается на светлом фоне, быстрота изменения контраста не зависит от  $\rho$  и определяется только угловым распределением света и величиной коэффициента  $t_2$ .

Влияние серой окраски элементов на их контраст с фоном показано на рис. 23.

**Влияние посадочного коэффициента сетного полотна.** Влияние посадочного коэффициента на видимость сетного полотна связано с изменением цветности и яркости поверхности сетной нити при изменении ориентации сетных нитей в пространстве.

Уменьшение посадочного коэффициента способствует выравниванию цветности по серой поверхности сетной нити и снижению цветового контраста; увеличение посадочного коэффициента вызывает обратное явление.

Уменьшение посадочного коэффициента в общем случае приводит также к более равномерному распределению яркости по поверхности элемента.

Поэтому меньшие посадочные коэффициенты более выгодно с точки зрения наименьшей видимости сетного полотна. Наибольшей видимости орудия лова можно добиться, как правило, при наибольших посадочных коэффициентах.

Чем равномернее распределена яркость по различным направлениям, тем степень влияния посадочного коэффициента на видимость сетного полотна обычно меньше.

Для обоих случаев контраста быстрота изменения контраста пропорциональна  $1/u_1^2$  и зависит также от краски элемента, углового рас-

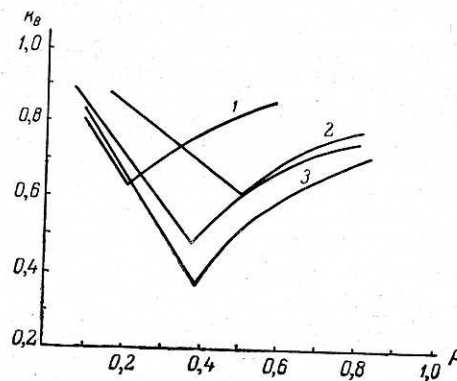


Рис. 23. Влияние  $\rho$  сетного полотна ( $u_1 = 0,5$ ) на его контраст с фоном (сетное полотно располагается вертикально и рассматривается на вертикальном фоне): 1 — для диффузного освещения ( $x_c = 8$  м;  $H = 15$  м); 2 — для солнечного освещения при рассмотрении сетного полотна «на просвет» ( $x_c = 0,6$  м;  $H = 1,2$  м); 3 — для диффузного освещения ( $x_c = 0,8$  м;  $H = 1,2$  м).

пределения света в море и величины коэффициентов  $t_1$  и  $t_2$ . О влиянии посадочного коэффициента на видимость и оптимальную окраску сетного полотна можно судить по результатам расчетов, приведенных на рис. 24 и 25.

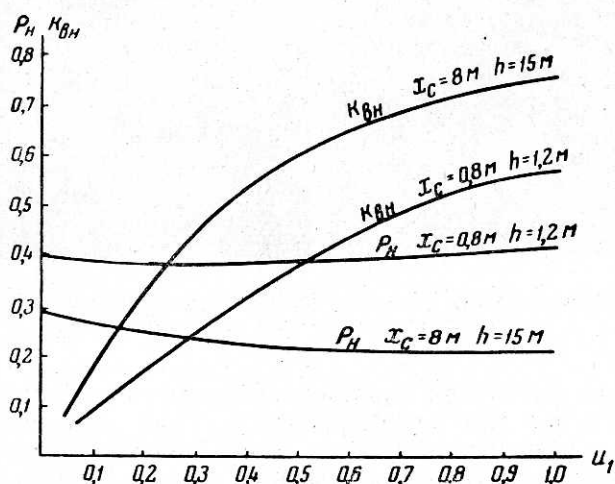


Рис. 24. Влияние посадочного коэффициента сетного полотна на его  $\rho_n$  и  $K_{вн}$  (сетное полотно располагается вертикально и рассматривается на вертикальном фоне; освещение диффузное).

Во всех случаях величина контраста с уменьшением посадочного коэффициента падает;  $\rho_n$  с изменением посадочного коэффициента почти не меняется.

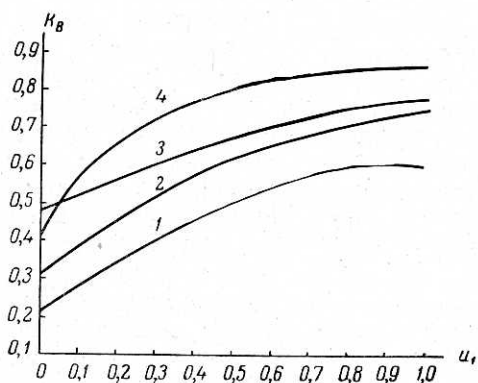


Рис. 25. Влияние посадочного коэффициента сетного полотна на его  $K_v$  (сетное полотно располагается на вертикальном фоне; освещение диффузное):

- 1 — для  $\rho = 0,5$ ;  $x_c = 0,8$  м;  $H = 1,2$  м;
- 2 — для  $\rho = 0,2$ ;  $x_c = 8$  м;  $H = 15$  м;
- 3 — для  $\rho = 0,2$ ;  $x_c = 0,8$  м;  $H = 1,2$  м;
- 4 — для  $\rho = 0,5$ ;  $x_c = 8$  м;  $H = 15$  м.

О влиянии посадочного коэффициента на видимость говорят фотографии, приведенные на рис. 26. На первой фотографии сетные образцы изготовлены из черной нитки ( $\rho = 0,02$ ), на второй — из белой ( $\rho = 0,75$ ).

В случае черной окраски сетного полотна влияние посадочного коэффициента отсутствует. Для сетного полотна, окрашенного в белый цвет, влияние посадочного коэффициента хорошо заметно.

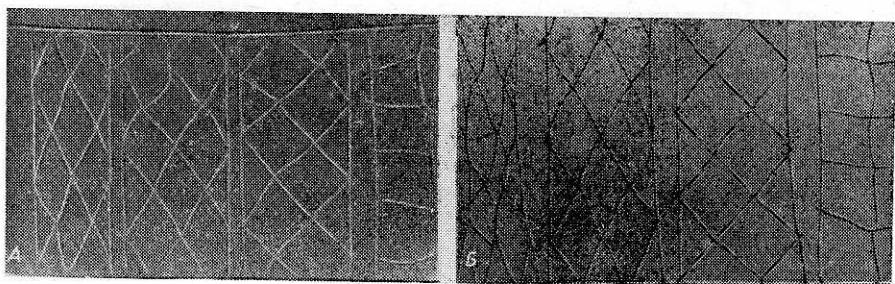


Рис. 26. Фотографии сетных образцов белого цвета (А) и черного цвета (Б) с различными посадочными коэффициентами.

Наконец, для выяснения влияния посадочного коэффициента на видимость сетного полотна нами проведена серия визуальных наблюдений. Объектом наблюдения служило сетное полотно, окрашенное в различные ахроматические цвета. Расчетные данные, результаты визуальных наблюдений и фотографических наблюдений находятся в полном соответствии между собой.

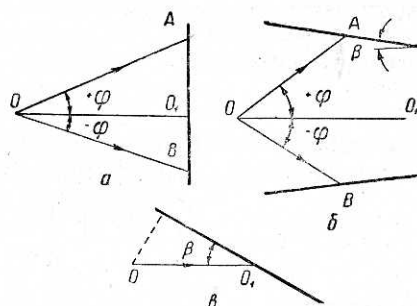


Рис. 27. Различные случаи взаимного расположения сетного полотна и направления линии зрения рыбы:

*a* — вертикально расположенное сетное полотно рассматривается рыбой не на вертикальном фоне; *б* — не вертикальная сетная стенка рассматривается рыбой не на вертикальном фоне; *в* — не вертикальная сетная стенка рассматривается рыбой на вертикальном фоне.

**Влияние ориентации орудия лова и направления линии зрения.** В большинстве орудий лова сетное полотно в рабочем положении располагается вертикально и рассматривается рыбой на вертикальном или близком к вертикальному фоне. Этот случай уже разобран нами. Не вертикально сетное полотно располагается в тралируемых орудиях лова, мотнях всех орудий лова, усынках вентерного типа, подъемных дорогах и днищевых частях стационарных орудий лова, при выдувании сетного полотна.

Направление линии зрения значительно отличается от горизонтального только при бросках рыбы и при попытке обойти препятствие. Таким образом, можно наметить несколько характерных случаев взаимного рас-

положения элемента орудия лова и направления линии зрения рыбы.

1. Вертикально расположенное сетное полотно рассматривается рыбой не на вертикальном фоне (рис. 27, *a*).

2. Невертикальная сетная стенка рассматривается рыбой не на вертикальном фоне (рис. 27, *б*).

3. Невертикальная сетная стенка рассматривается рыбой на вертикальном фоне (рис. 27, *в*).

Рассмотрим в общих чертах каждый из указанных случаев, считая освещение на глубине лова диффузным.

В первом случае при взгляде вперед вверх с ростом угла  $+ \varphi$  быстро увеличивается яркость фона, видимая яркость элемента падает. Скорость убывания яркости элемента для обычных посадочных коэффициентов до углов  $+ \varphi = 40-50^\circ$  незначительная.

Если  $\rho$  сетного полотна больше  $\rho_n$  на вертикальном фоне, то при увеличении угла  $+\varphi$  контраст  $K_v$  сначала падает, а потом начинает увеличиваться; если  $\rho < \rho_n$  на вертикальном фоне или равно ему, то при увеличении угла  $+\varphi$  контраст  $K_v$  растет. При взгляде вперед вниз с ростом угла  $-\varphi$  яркость объекта и яркость фона меняются незначительно. При этом, если  $\rho$  больше  $\rho_n$  или равно ему, то при увеличении угла  $-\varphi$  контраст  $K_v$  растет; если  $\rho$  меньше  $\rho_n$ , то  $K_v$  или постоянно уменьшается, или сначала уменьшается, а достигнув  $\rho_n$  на этом фоне, начинает увеличиваться. На рис. 28 показан характер и степень изме-

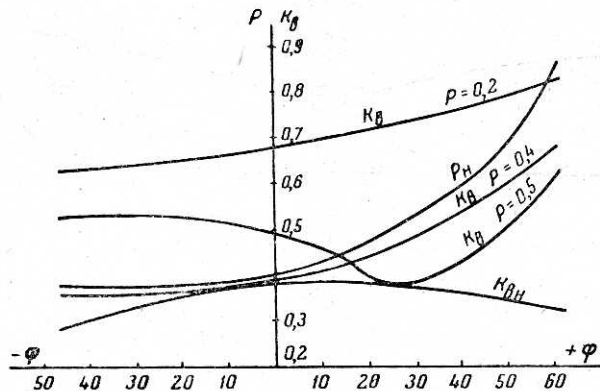


Рис. 28. Влияние направления линии зрения на  $\rho_n$ ,  $K_{вн}$  и  $K_v$  вертикально расположенного сетного полотна ( $u_1 = 0,5$ ;  $x_c = 0,8$  м;  $H = 1,2$  м; освещение диффузное).

нения  $K_{вн}$  и  $K_v$  в зависимости от угла  $+\varphi$  и  $-\varphi$  для  $\rho_n$ ,  $\rho = 0,2$ ,  $\rho = 0,5$ ,  $\rho = 0,4$ .

Изменение  $K_{вн}$ ,  $K_v$  и  $\rho_n$  при сравнительно равномерном распределении яркости, какое имело место в рассматриваемом случае, заметно выступает лишь при  $\varphi > 30-40^\circ$ . В условиях большей неравномерности углового распределения яркости изменение указанных величин в зависимости от угла  $\varphi$  носит более резкий характер.

Очень важным является вопрос о том, как изменяется видимый контраст сетного полотна наименьшей видимости на вертикальном фоне при рассмотрении его под некоторым углом  $\varphi \neq 0$ .

С одной стороны, при рассмотрении сетного полотна под углом  $\varphi \neq 0$  изменяется истинный контраст сетного полотна с фоном (кривая  $K_v$  для  $\rho = 0,4$  на рис. 28), с другой стороны, возрастает расстояние  $l_\varphi$  до сетного полотна. Соотношение между видимыми контрастами в этом случае зависит от соотношения истинных контрастов, прозрачности воды, расстояния, с которого рассматривается объект, и угла  $\varphi$ , под которым рассматривается объект.

Второй случай взаимного расположения сетного полотна и направления линии зрения встречается преимущественно при ловле траллируемыми орудиями лова. Угол  $\beta$  при этом бывает мал ( $0-15^\circ$ ) и для простоты расчетов его можно считать равным 0.

При взгляде вперед вверх под углом к горизонту более  $30-40^\circ$  (принимается, что направление линии зрения совпадает с направлением взгляда) сетное полотно любой окраски рассматривается обычно как темное на светлом фоне. Меньший контраст  $K_v$  соответствует сетному полотну с большим  $\rho$ . Окраска сетного полотна наименьшей видимости — белая, наибольшей видимости — черная. При взгляде вперед вниз  $\rho_n$  с увеличением угла  $-\varphi$  падает, а  $K_{вн}$  остается почти без измене-



ния. На рис. 29 показан характер и степень изменения  $\rho_n$ ,  $K_{вн}$  и  $K_v$  в зависимости от угла  $\varphi$ .

Третий случай имеет место в тралах, вентерных усинках, подъемных дорогах и т. д. Угол  $\beta$  в этом случае бывает мал и это значительно затрудняет количественную сторону рассмотрения вопроса. На самом деле, даже при незначительном отклонении линии зрения от горизонтального направления, сильно изменяется расстояние по линии зрения до сетной стенки, а следовательно, и видимый контраст с фоном (хотя истинный контраст изменяется при этом мало). Когда сетное полотно

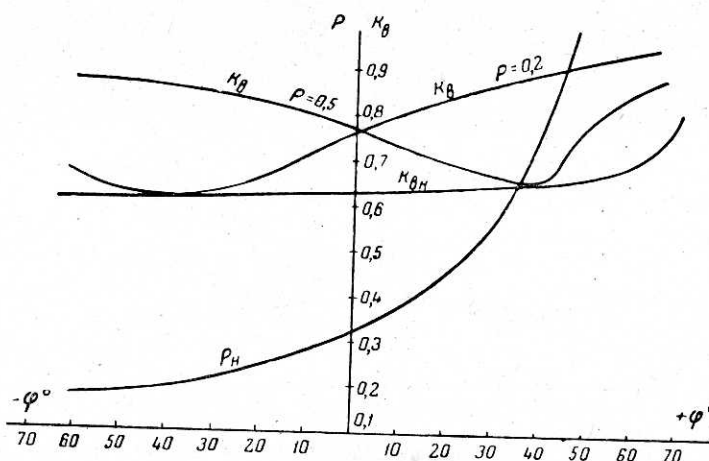


Рис. 29. Влияние направления линии зрения на  $\rho_n$ ,  $K_{вн}$  и  $K_v$  вертикально расположенного сетного полотна ( $u_1 = 0,5$ ;  $x_c = 0,8$  м;  $H = 1,2$  м; освещение диффузное)

располагается над рыбой,  $\rho_n$  оказывается несколько светлее, чем в случае, когда сетное полотно располагается под рыбой; разница эта больше при больших посадочных коэффициентах сетного полотна. Когда угол  $\beta$  значителен, например при выдувании сетного полотна, значения  $\rho_n$  и  $K_{вн}$  можно принимать теми же самыми, что и для вертикально расположенного сетного полотна.

### ВЫВОДЫ

1. Принимая во внимание назначение частей орудий лова, требования к ним в отношении видимости, учитывая современные знания о зрительной способности рыб, относительную оценку видимости орудий лова при помощи величины контраста следует считать наиболее приемлемой для всех сетных орудий лова.

2. Наименьший цветовой контраст с фоном в большинстве случаев имеют элементы орудий лова, окрашенные в серый цвет. Окраска орудий лова в серый цвет имеет ряд серьезных преимуществ перед окраской в любой хроматический цвет и, в частности, при этом появляется возможность количественного выражения контраста.

3. Яркостный контраст элементов орудий лова с фоном можно определять в общем случае по формулам:

$$K_{в1} = 1 - \frac{\pi B_{\phi}}{t_1 \cdot \rho \cdot E_{\max}} \quad (\text{для } B_o > B_{\phi});$$

$$K_{в2} = 1 - \frac{t_2 \cdot \rho \cdot E_{\min}}{\pi B_{\phi}} \quad (\text{для } B_o < B_{\phi}).$$

Большее из двух значений контраста характеризует яркостный контраст элементов орудий лова с фоном. Яркостный контраст элемента

орудия лова с фоном можно определить также по упрощенным формулам (12) и (13), (14) и (15).

4. Коэффициент отражения  $\rho_n$  серой поверхности элемента орудия лова наименьшей видимости определяется по формуле

$$\rho_n = \frac{\pi B_\Phi}{\sqrt{t \cdot t_2} \sqrt{E_{\max} \cdot E_{\min}}}.$$

Кроме того,  $\rho_n$  можно определить по формулам (17) и (18). Коэффициент отражения  $\rho_{нб}$  поверхности элемента орудия лова наибольшей видимости определяется по наибольшей величине контраста белой или черной поверхности.

5. При определении контраста и оптимальной окраски элементов орудия лова для определенного района и сезона промысла необходимо использовать данные об угловом распределении света, соответствующие преимущественному световому режиму на глубине лова за расчетный промежуток времени. Кроме того, при этом следует учитывать, что при намокании и в процессе работы орудие лова изменяет свой цвет (рис. 11, 12, 13).

6. Прозрачность воды является одним из наиболее важных факторов, влияющих на видимость орудий лова в воде и их оптимальную окраску. С увеличением прозрачности воды на одной и той же оптической глубине окраска сетного полотна наименьшей видимости становится темнее, а цветовой и яркостный контрасты серой поверхности сетного полотна наименьшей видимости увеличиваются (см. рис. 16).

Если окраска серой поверхности сетного полотна светлее, чем окраска сетного полотна наименьшей видимости в данных условиях, то при увеличении прозрачности воды на одной и той же оптической глубине яркостный контраст этой поверхности также увеличивается; когда же  $\rho < \rho_n$ , то яркостный контраст уменьшается (см. рис. 16). Видимость элементов орудий лова зависит от прозрачности воды также вследствие того, что всякая мутная среда накладывает на объект световую пелену. Однако влияние прозрачности воды на дальность видимости сетного полотна сказывается лишь для прозрачности воды не менее 3—5 м (см. рис. 17).

7. С глубиной цветовой контраст серых поверхностей обычно уменьшается, окраска сетного полотна наименьшей видимости становится светлее, а контраст сетного полотна наименьшей видимости убывает (см. рис. 18).

Изменение с глубиной яркостного контраста для случая произвольной серой окраски зависит от коэффициента отражения серой поверхности и показано на рис. 19.

Изменение углового распределения счета по высоте орудия лова следует учитывать, если эта высота превышает 2—3 у. е.

8. С изменением положения светила на небе изменяется видимость и оптимальная окраска орудия лова при рассмотрении его в одном и том же направлении. Характер и степень этого изменения зависят от состояния неба, пути светила по небосводу, оптической глубине, на которой располагается орудие лова, его ориентации. Пример изменения окраски сетного полотна наименьшей видимости в течение дня приведен на рис. 21.

9. Свет, отраженный от дна, влияет на угловое распределение яркости и цветности в воде. Чаше  $K_{вн}$  при этом уменьшаются, а  $\rho_n$ , наоборот, увеличивается (см. табл. 7).

10. Окраска элементов орудий лова является одним из наиболее важных факторов, при помощи которого возможно по нашему желанию изменять видимость орудий лова.

Наименьший цветовой контраст с фоном обычно имеют элементы, окрашенные в серый цвет, несколько больший — у элементов, окрашенных «под цвет воды», значительный цветовой контраст с фоном имеют элементы, спектральная характеристика которых резко отличается от спектрального состава лучей, образующих фон. Яркостный контраст элементов орудий лова имеет минимум при  $\rho = \rho_n$ , увеличиваясь при больших и меньших значениях  $\rho$  (см. рис. 22).

11. Посадочный коэффициент влияет на распределение яркости и цветности по поверхности сетного полотна. Величина цветового и яркостного контраста сетного полотна с уменьшением посадочного коэффициента падает,  $\rho_n$  с изменением посадочного коэффициента почти не меняется (см. рис. 24, 25).

12. Влияние ориентации сетного полотна и направления линии зрения на видимость и оптимальную окраску орудий лова разнообразно и зависит в основном от взаимного расположения сетного полотна и направления линии зрения, углового распределения света на глубине лова, посадочного коэффициента сетного полотна. Характер и степень этого влияния показаны на рис. 28, 29.

13. Решение рассмотренных вопросов видимости орудий лова позволяет:

а) при проектировании и эксплуатации сетных орудий лова так подбирать окраску и ориентацию элементов орудий лова, что видимость их отдельных частей будет оптимальной для данных условий промысла;

б) подойти к учету влияния видимости орудий лова при их конструктивном оформлении;

в) при изучении поведения рыбы в зоне действия орудий лова учитывать фотометрическую характеристику раздражителя — элементов орудий лова, — без чего результаты подобного изучения нельзя считать полноценными и сравнимыми с другими исследованиями.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамов Е. В., Кадильников Ю. В., Студенецкий С. А. Техника дрейферного лова сельди в Северной Атлантике. Вильнюс, Газетно-журнальное издательство, 1956.
2. Аверкиев Ф. В. Стахановец-орденоносец Пивоваров и методы его работы. «Рыбное хозяйство» № 1, 1939.
3. Аверкиев Ф. В. Дела и люди Керченской моторно-рыболовной станции. «Рыбное хозяйство» № 6, 1939.
4. Алтухов Ю. П., Протасов В. Р. О зрительной реакции некоторых рыб на движущееся сетное полотно. «Рыбное хозяйство» № 4, 1960.
5. Андреев Н. Н. Влияние окраски на уловистость жаберных сетей. «Рыбное хозяйство» № 12, 1946.
6. Андреев Н. Н. Некоторые вопросы теории лова рыбы жаберными сетями. Труды ВНИРО. Т. XXX. Пищепромиздат, 1955.
7. Асланова Н. Е. Поведение хамсы в зоне ставных неводов. «Рыбное хозяйство» № 12, 1947.
8. Асланова Н. Е. Поведение хамсы и сельди в зоне ставных неводов в Керченском проливе. «Рыбное хозяйство» № 7, 1949.
9. Асланова Н. Е. Предварительные данные по изучению реакции рыб на сетное полотно в экспериментальных условиях. Аннотации к работам, выполненным ВНИРО в 1956 г. Сб. 3, Пищепромиздат, 1958.
10. Асланова Н. Е. Изучение поведения рыб в зоне действия орудий лова. Труды ВНИРО, Т. XXXVI. Пищепромиздат, 1958.
11. Бабурин Е. А. Особенности строения и функции глаз у рыб. Труды совещания по вопросам поведения и разведки рыб. Вып. 5, Изд. АН СССР, 1955.
12. Бабурин Е. А. Приспособительные особенности строения глаза сельди-черноспинки, шпрота и хамсы. Труды Института морфологии животных им. А. Н. Северцова АН СССР. Вып. 10, 1953.
13. Баранов Ф. И. Влияние окраски сетей на успешность лова. «Бюллетень рыбного хозяйства» № 21 и 22, 1924.
14. Баранов Ф. И. Теория и расчет орудий рыболовства. Пищепромиздат, 1948.
15. Башкирцева А. Н. Проникновение света в глубины моря. Труды Морского научного института. Т. 4. Вып. 2, 1930.

16. Березкин В. А., Гершун А. А. и Янишевский Ю. Прозрачность и цвет моря. Л., Военно-морская академия ВМФ, 1940.
17. Борищев В. В. Продуктивность рыболовства в течение суток, «Рыбное хозяйство» № 4 и 5, 1946.
18. Враский С. Б. Оптические свойства морской воды, «Природа» № 2, 1951.
19. Гвоздихин П. Подводные наблюдения на промыслах Азрыбтреста. «Рыбное хозяйство» № 1, 1938.
20. Гершун А. А. Световое поле. Л.-М., ОНТИ, 1936.
21. Гершун А. А. Успехи гидрооптики. «Морской сборник». № 22, Л., Военмориздат, 1939.
22. Гершун А. А. К вопросу о влиянии освещенности на видимость. Избранные труды по фотометрии и светотехнике. Гос. изд. физ.-матем. лит., 1958.
23. Губенко Ю. Т. Сетной лов сардины-иваси. Пищепромиздат, 1940.
24. Гуревич М. М. Цвет и его измерение, Изд. АН СССР, 1950.
25. Гюльбадамов С. Б. Промыслово-биологические основы проектирования пелагических тралов. Труды ВНИРО. Т. XXXVI. Пищепромиздат, 1958.
26. Демидов П. А. Опыт применения ставных сетей в Енисейском заливе. Научно-промысловые исследования Сибири. Серия А. Вып. 7, Красноярск, 1931.
27. Дмитриев Ю., Ахлынов И. Новое в организации промысла в Северной Атлантике. «Рыбное хозяйство» № 11, 1956.
28. Егорычев П. И. Результаты испытаний хлориновых рыболовных веревок. «Рыбное хозяйство» № 5, 1957.
29. Ивакин В. С. Размеры ставных неводов для Северного Каспия. «Рыбная промышленность» № 2, 1945.
30. Иванов К. И. О зависимости между цветностью и соленостью и между прозрачностью и глубиной в северной части Каспийского моря. «Метеорология и гидрология» № 7 и 8, 1939.
31. Изнанкин Ю. А. Теоретические предпосылки определения цвета жаберных сетей. Труды БалтНИРО. Вып. 3, 1959.
32. Кадильников Ю. В. Уловистость дрейфтерных североатлантических сетей различной окраски. «Бюллетень рыбной промышленности Калининградской области по обмену опытом и новой техники» № 3, 1957.
33. Кесвелл. Текстильные волокна, пряжа и ткани. Ростехиздат, 1960.
34. Книпович Н. М. Гидрология морей и солоноватых вод (в применении к промысловому делу). Пищепромиздат, 1938.
35. Книпович Н. М. Гидрологические исследования в Каспийском море в 1914—1915 гг. Труды Каспийской экспедиции 1914—1915 гг. Прб, 1921.
36. Котт. Приспособительная окраска животных. М., Изд-во иностр., лит., 1958.
37. Кукин Г. Н. и др. Учение о волокнистых материалах, М.—Л., Гизлегпром, 1949.
38. Лагунов Н. Н. Опыт подводных наблюдений из гидростата. «Рыбное хозяйство» № 8, 1955.
39. Лестев А. В. О размере ячеи в крыле ставных неводов Южного Сахалина. «Рыбное хозяйство» № 5, 1955.
40. Лукьянова В. С. Физические характеристики мимикрии рыбы. АН СССР. Т. 3(12), № 2, 1936.
41. Мантейфель Б. П. Изучение поведения стайных рыб в целях усовершенствования их техники лова. Труды совещания по вопросам поведения и разведки рыб. Вып. 5, Изд. АН СССР, 1955.
42. Мантейфель Б. П., Чайнова Л. А. Экспериментальный лов сельди кошельковыми неводами в водах Северной Атлантики в 1955 г. Аннотации к работам, выполненным ВНИРО в 1955 г. Пищепромиздат, 1957.
43. Марти Ю. Ю. Сельди Северной Атлантики и их промысел. Пищепромиздат, 1951.
44. Марти Ю. Ю. Современное состояние промысла мурманской сельди. Сб. «Рыбная промышленность» № 3, 1945.
45. Майзель С. О. и Ратнер Е. С. Цветовые расчеты и измерения. Изд. АН СССР, 1951.
46. Мешков В. В. Осветительные установки. Гос. Энергетическое изд-во, М.-Л. 1947.
47. Павловский Е. Н., Курепина М. Н. Строение мозга рыб в связи с условиями их обитания. Очерки по общим вопросам ихтиологии. АН СССР, 1953.
48. Пономарев А. Ф. Опыт работы ставными неводами на Севере. «Рыбное хозяйство» № 10, 1951.
49. Протасов В. Р. Изучение зрения рыб. «Вопросы ихтиологии». Вып. 10. АН СССР, 1958.
50. Протасов В. Р. Электрофизиологическое изучение зрения у рыб. «Труды совещания по физиологии рыб». Вып. 8. АН СССР, 1958.
51. Пучков Н. В. Физиология рыб. Пищепромиздат, 1954.
52. Пятерикин Н. К. Некоторые вопросы уловистости дрейфтерных сетей. М., Пищепромиздат, 1959.

53. Суворов Е. К. Основы ихтиологии. Л. Изд-во «Советская наука», 1948.
54. Тимофеева В. А. К вопросу распределения яркости в море. АН СССР. Новая серия. Т. 76, № 6, 1951.
55. Тимофеева В. А. Распределение яркости в сильно рассеивающих средах. ДАН СССР. Новая серия. Т. 76, № 5, 1951.
56. Тимофеева В. А. Сложное рассеяние света в мутных средах. Труды Морского гидрофизического института АН СССР. Т. 3, 1953.
57. Тимофеева В. А. Распространение света в море. Труды Морского гидрофизического института. Т. 11, 1957.
58. Токарев А. К. О некоторых особенностях поведения океанической сельди в период нагула. Труды ВНИРО. Т. XXXVI, Пищепромиздат, 1958.
59. Трофимов А. Подледная и подводная освещенность в верхних горизонтах моря. «Журнал гидрофизика». Т. 5, № 4, 1935.
60. Трофимов А. Затухание дневного света в верхних (0—70 м) горизонтах Каспийского моря. «Метеорология и гидрология» № 3, 1938.
61. Тюрин П. В. Материалы по изучению ставного сетного лова на восточном побережье Енисейского залива. «Научно-промышленные исследования Сибири». Серия А. Вып. 7, Красноярск, 1936.
62. Феофилов П. П. Ночная освещенность и спектральный состав ночного света в средних широтах. «Известия АН СССР». Серия географическая и гидрофизическая, № 6, 1942.
63. Фридланд И. Г. Поведение сельди в зоне расположения ставных неводов (тезисы доклада). Труды совещания по вопросам поведения и разведки рыб. Изд. АН СССР, 1955.
64. Шаронов В. В. Видимость далеких предметов и огней. М.—Л., Военмориздат, 1944.
65. Шаронов В. В. Измерение и расчет видимости далеких предметов. М.—Л., Гостехиздат, 1947.
66. Шулейкин В. В. Физика моря. М., Изд. АН СССР, 1953.
67. Юданов И. Летнее распределение мурманской сельди и дрейфтерный лов ее в Баренцевом море. «Рыбное хозяйство» № 4 и 5, 1938.
68. Atkins W. and Poole H. The angular scattering of blue, green and red light by sea water. «The Scientific proceeding of the R. Dublin Society». Vol. 26, No. 18, 1954.
69. Blaxter I. H. S., Parrish B. B. and P. S. Meadows. The Reaction of Herring to Moving obstacles. Comparative Fishing Committee, No. 16, 1960.
70. Brandt A. Untersuchungen über die Fangigkeit von stellnetzen unter Berücksichtigung der Netzfarbe. «Arch. für Fisch.» Bd. 4, 1952—1953.
71. Call M. H. W. Measurements to determine extinction coefficients and temperature gradients in the North sea and English channel. «Journ. of the marine biological association of the United Kingdom». Vol. 28, No. 3, 1949.
72. Jones D. and M. S. Wills. Attenuation of light in sea and estuarine water in relation to the concentration of suspended solid matter. «Journ. of the Marine biological Association of the United Kingdom». Vol. 35, No. 2, 1956.
73. Landolt-Börnstein. Zahlenwerte und Funktionen, Bd. 3, Astronomie und Geophysik, Berlin, 1952.
74. Lenoble J. Angular distribution of submarine daylight in deep water. «Nature». Vol. 178, No. 4536, 1956.
75. Noumann G. Die Haltbarmahung der Netze. Mitt. DSV. XII, 1896.
76. Sasaki T., Okami N., Watanabe S., Oshiba G. Measurements of the angular distribution of submarine daylight. «Journ. of the Scientific Research Institute». Vol. 49, No. 1376—1390, 1955.
77. Red Net proves its Worth in a Macduff Seiner, «Fishing News», No. 2318, september, 1957.
78. Schwarz I. Ein Beitzag zum Färben der Netze, «Fischerei-Ztg», 13, 33, 1910.
79. The physiology of fishes. Vol. 11, New-York, 1957.
80. Willer A. Über die Lichverhältnisse einiger märkischer Fischereigewässer. «Arch. für Fisch.» Bd. 1, 1948.