

**АСТРАХАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИ-
ЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра промышленного рыболовства

**МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
«ЛОВ КОШЕЛЬКОВЫМИ НЕВОДАМИ
С ПРИМЕНЕНИЕМ СВЕТА»**

**Направление подготовки 35.04.08
«Промышленное рыболовство»**

Магистерская программа «Управление рыболов-
ством и сырьевыми ресурсами»

Астрахань, 2014

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

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

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

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
1. Особенности поведения и распределения объектов лова	5
2. Селективность лова кошельковыми неводами	9
3. Математические модели производительности лова кошельковыми неводами при лове с применением света	11
4. Обоснование длины кошельковых неводов для лова рыбы с применением света	20
5. Обоснование высоты кошельковых неводов для лова рыбы с применением света	36
6. Обоснование показателей сетного полотна, загрузки, плава кошельковых неводов для лова рыбы с применением света	38
Список рекомендованной литературы	48
Контрольные вопросы	52

ЛОВ КОШЕЛЬКОВЫМИ НЕВОДАМИ С ПРИМЕНЕНИЕМ СВЕТА

Введение

Кошельковыми неводами в основном ловят косячную неходовую рыбу на глубинах до 200м. С появлением неводов больших размеров стало возможным облавливать неводами не только косячные, но и относительно разреженные скопления рыб, позволяющие получить промысловый улов.

Известно сравнительно большое число способов кошелькового лова, которые отличаются конструкцией неводов и технологией лова, использованием тех или иных средств интенсификации лова.

Прежде всего, различают лов крайнесливными, среднесливными и многосливными неводами. Кошельковыми неводами ловят с одного судна (по одноботной системе) и с двух обычно небольших судов (по двухботной системе). В первом случае чаще применяют крайнесливные невода, во втором – исключительно среднесливные невода.

В зависимости от типа судна используют бортовую и кормовую промысловые схемы. По бортовой схеме работает большая часть промысловых судов крайнесливными неводами, по кормовой с достаточно крупных судов – среднесливными неводами. Для интенсификации лова иногда используют физические раздражители. Так, для концентрации рыбы перед обловом применяют искусственные световые поля, а для уменьшения вероятности ухода рыбы из невода – световые, электрические, акустические, гидродинамические поля.

Несмотря на значение лова кошельковыми неводами, методы анализа и обоснования показателей кошельковых неводов недостаточно совершенны, что сдерживает его распространение и повышение эффективности. Это, прежде всего, относится к обоснованию длины и высоты кошельковых неводов с учетом различных условий промысла, а также к обоснованию способов лова кошельковыми неводами с применением света. Слабо исследованы селективные свойства и

селективность кошельковых неводов, их улавливающая способность.

1. Особенности поведения и распределения объектов лова

Независимо от способа лова кошельковыми неводами рассматривают поведение и распределение рыбы в естественных условиях, на этапах концентрации перед заметом кошелькового невода, при переходе судна к точке начала замета, при замете невода, в процессе кошелькования, после окончания кошелькования.

Рыба как объект кошелькового лова в естественных условиях характеризуется в основном размерами и плотностью облавливаемых скоплений, их положением в пространстве, направлением и скоростью перемещения. Выделяют достаточно плотные скопления, которые облавливают непосредственно, а также разреженные скопления, которые перед обловом концентрируют.

Различают небольшие и средние по размерам скопления рыбы, которые можно обловить за один замет, и большие скопления, которые облавливают за несколько заметов или не облавливают вообще из-за низкой вероятности успешного облова.

В зависимости от положения объекта лова в водоеме рыба может находиться в зоне возможного облова кошельковыми неводами, или ее необходимо перевести в нужное положение (поднять с глубины, переместить в горизонтальном направлении).

По степени и характеру подвижности скопления как объект лова кошельковыми неводами делят на неподвижные и малоподвижные, а также скопления, совершающие горизонтальные и вертикальные миграции.

Возможны различные сочетания поведения и распределения рыбы в естественных условиях по рассмотренным признакам, которые влияют на тактику и эффективность лова кошельковыми неводами.

На этапе искусственной концентрации рассеянную в поверхностных слоях воды рыбу концентрируют в объеме, доступном облову кошельковым неводом, перемещают в горизонтальном или вертикальном направлении в положение, удобное для ее облова, или комбинируют два первых способа управления. Для этих целей обычно используют искусственные световые поля, акустические поля, поля растворенных и взвешенных веществ, способность собираться в дневное время под плавающими предметами.

При сближении судна с косяком на рыбу действуют акустические поля и поля избыточных давлений судна.

Дальность активной реакции на акустические поля движущегося с постоянной скоростью судна ходовых косяков составляет 100–200м, нагульных – 40–100м, зимующих, преднерестовых – 20–50м. Большие значения соответствуют осторожной рыбе, большей скорости судна, слабым акустическим шумам в водоеме. Дальность активной реакции косяков значительно меньше при ночном световом режиме в водоеме и на 30–50% больше при резком изменении режима работы двигателя судна. Дальность реакции на поле избыточных давлений судна обычно не превышает 40–50м, но его действие на рыбу сильнее, чем акустического поля.

Направление горизонтального перемещения рыбы в начале замата невода может быть различным. Однако при замате в обход подвижного косяка угол между векторами скоростей судна и косяка в начале замата обычно не превышает 90°. Более того, довольно часто рыба перемещается от судна по линии пеленга на облавливаемый косяк. Если рыба сохраняет принятое в начале замата направление движения до встречи со стеной выметанного невода, то при встрече с ней перемещается вдоль крыла невода, погружается у стены невода или отходит от нее.

Однако довольно часто в процессе замата косяк изменяет направление движения, и траектория его перемещения может носить случайный характер. Иногда при замате удается «закрутить» косяк для отпугивания его ближе к центру обметываемого пространства.

В процессе замета и кошелькования рыба остается в поверхностных слоях воды, если в период лова она не совершает вертикальных миграций, активно не реагирует на шумы судна, или если погружению рыбы препятствуют неблагоприятные температура и гидрохимический режим в водоеме. Иногда погружение рыбы происходит, но ограничено слоями с неблагоприятными условиями или дном водоема. В остальных случаях рыба погружается или после контакта с сетной стенкой невода, или в начале замета, причем возможен ее уход под нижнюю подбору.

Вероятность погружения зависит от вида рыбы, ее состояния, времени года и суток. Она выше в преднерестовый период, в период нагула, когда рыба не совершает дальних горизонтальных перемещений, осенью на местах зимовки. Скорость погружения рыбы обычно не превышает 0,6–0,8 м/с, однако при испуге рыба может погружаться на 10–15 м со скоростью 1,0–1,5 м/с. С глубиной скорость погружения часто падает, так что среднюю скорость погружения обычно принимают равной 0,3–0,5 м/с.

В процессе кошелькования на рыбу продолжают действовать акустические поля судна. Кроме того, на этом этапе возрастает роль видимости сетной стенки невода как ориентира при перемещении рыбы в обметанном пространстве. При кошельковании наиболее вероятен уход рыбы под судно в ворота между боковыми кромками (клячами) невода, под нижнюю подбору и редко над верхней подборой.

После окончания кошелькования поведение рыбы не влияет на эффективность лова, если нет порывов сетного полотна, приотпления верхней подборы, залегания рыбы.

При кошельковом лове для концентрации разреженных скоплений рыбы в поверхностных слоях воды, подъема рыбы с глубины в зону облова невода, предотвращения ухода рыбы из невода в процессе замета и кошелькования наиболее широко применяют световые поля. Положительная реакция на свет, необходимая для концентрации рыбы перед обловом кошельковым неводом, наблюдается в некоторые периоды года у многих пелагических рыб - сельди, сардины, скум-

брии, сардинеллы, сайры, макрелешуки, макрели, мойвы и т.д.

Для концентрации рыбы в самых поверхностных слоях воды применяют надводные источники, горизонтальные размеры зоны действия которых у поверхности воды обычно в несколько раз больше, чем у подводных. Надводные источники концентрируют рыбу с глубин не более 30–40м.

Иногда, например, при лове атлантической сардины и скумбрии, рыба светом подводных источников концентрируется лучше, чем светом надводных источников.

Размеры зоны действия одиночных подводных источников малы. Поэтому часто используют несколько источников мощностью 0,5–1,5кВт, разнесенных на возможно большее расстояние, но так, чтобы их световое поле было единым. Иногда применяют одновременно надводные и подводные источники света. Обычно свет надводных источников привлекает рыбу с больших расстояний, но ненадолго, а световое поле подводных источников длительно накапливает рыбу.

Перспективна концентрация рыбы сведением нескольких небольших световых скоплений в одно. Обычно рыбу собирают светом надводных источников, расположенных на небольших судах. Скорость сближения судов при сведении скоплений не превышает крейсерские скорости плавания рыб.

Иногда рыба находится на сравнительно большой глубине, и ее необходимо поднять в зону облова кошелькового невода. Для этого источники света опускают на глубину первоначальной концентрации рыбы, выдерживают их некоторое время для адаптации рыбы к свету, а затем поднимают со скоростью 0,1–0,2м/с. Подъем рыбы с глубины не удастся, если рыба в период лова не совершает вертикальных миграций, если мешает слой температурного скачка и т.д.

Световые устройства применяют для отпугивания рыбы от ворот невода при кошельковании. Световые заградители состоят из одного или нескольких источников. Они опуска-

каются с борта судна и включаются периодически на короткое время при попытке рыбы выйти из невода.

При лове кошельковыми неводами для концентрации рыбы перед замесом, снижения вероятности ухода рыбы между клячами невода и под нижнюю подбору используют акустические поля. Известны акустические средства для уменьшения вредного влияния шумов судна при замесе и кошельковании невода. Для этих же целей можно использовать растворенные и взвешенные вещества.

2. Селективность лова кошельковыми неводами

Селективность лова кошельковыми неводами зависит от всех видов селективности орудий лова – механической, биофизической, биомеханической, геометрической и в разной степени проявляется на различных этапах лова.

На этапе концентрации рыбы источниками света перед обловом неводом прежде всего проявляется биофизическая селективность, обусловленная неодинаковой реакцией на свет рыб разного размера. В некоторых случаях это проявляется в неодинаковой концентрирующей способности света в отношении более мелких и более крупных рыб. Однако чаще различие реакции приводит к образованию неоднородного светового скопления, когда, например, более крупные рыбы держатся дальше от источника света, а более мелкие – ближе. Скопления рыб как объекты кошелькового лова обычно характеризуются размерной однородностью, и биофизическая селективность лова невелика.

Искусственный свет при лове кошельковыми неводами применяется для концентрации относительно разреженной рыбы или для перемещения ее в горизонтальном или вертикальном направлении. В первом случае при облове неоднородных по размеру и виду скоплений биомеханическая селективность связана с неодинаковой скоростью перемещения рыб разного вида или размера к источнику света, во втором – неодинаковой скоростью следования рыбы за источником

света в горизонтальном или вертикальном направлении. И в том, и в другом случае это может привести к различной степени вероятности успешного облова крупных и мелких рыб.

На этапе замета невода наибольшее значение имеет биофизическая селективность, связанная с действием на рыбу шумов судна. При размерной неоднородности облавливаемых скоплений неодинаковая реакция рыб на шумы судна может привести к различной вероятности ухода рыбы разных размеров из зоны облова. В некоторой степени биофизическая селективность на этом этапе, как и на этапе кошелькования, может проявляться у сетной стенки из-за различной реакции рыб на световые поля контрастов.

Если для предотвращения ухода рыбы из невода через ворота между клячами применяют различные раздражители (световые, акустические, гидродинамические), то возможны проявления биофизической селективности на действие этих раздражителей.

На этапах замета и кошелькования невода селективный уход рыбы возможен из незамкнутого невода, в ворота между клячами и под нижнюю подбору в результате неодинаковой скорости перемещения рыб разного размера, то есть в результате проявления биомеханической селективности. Первый случай можно рассматривать как своеобразный случай ухода рыбы из орудия лова путем его опережения (опережения бежной части невода). Остальные случаи можно оценивать как варианты ухода рыбы в обход неподвижной или подвижной сетной стенки.

Иногда сетное полотно в бежной части и в нижней части крыла имеет большой размер ячеи и не служит для рыбы механической преградой. В этом случае, в принципе, возможно проявление биомеханической селективности в связи с неодинаковым уходом через крупноячейное сетное полотно рыб разного размера и вида при большом угле атаки сетного полотна.

Механическая селективность при лове кошельковыми неводами связана, прежде всего, с селективным действием ячеи слива и подслива. При облове однородных по размеру

рыб в этих частях кошелькового невода часто применяют небольшой размер ячеи, которая способна удерживать всех рыб в зоне облова и которая обеспечивает неселективный лов.

При облове неоднородных по размерам рыбы скопленный размер ячеи целесообразно принимать с учетом допустимого прилова рыб непромысловых размеров и минимального объеживания рыбы сетным полотном. Для расчета размера ячеи в этом случае необходимо использовать основные уравнения селективности при отцеживании. При выборе исходных данных для расчетов учитывают, что в сливных частях орудий лова, по сравнению с сетными мешками, на селективность меньше влияет величина улова, иногда меньше натяжение сетных нитей и больше коэффициент соответствия формы тела рыбы форме ячеи.

В заключение еще раз отметим, что скопления рыб при лове кошельковыми неводами отличаются значительной размерной однородностью и механическая, биофизическая и биомеханическая селективность обычно проявляется не слишком значительно.

3. Математические модели производительности лова кошельковыми неводами при лове с применением света

При лове кошельковыми неводами без применения света математическую модель лова не увязывают непосредственно с обловленным объемом, так как размеры облавливаемых косяков обычно значительно меньше облавливаемого неводом объема водоема. Соответственно, разрабатывают математическую модель не улова за цикл лова, а вероятности успешного облова косяков. При этом предполагают, что в одном цикле лова с некоторой степенью вероятности косяк или облавливают целиком, или так же целиком не облавливают. Вероятность успешного облова косяка в этом случае можно условно считать средним значением коэффициента уловистости кошелькового невода.

При лове кошельковыми неводами с применением света объем скопления, сконцентрированного светом, может быть соизмерим с обловленным объемом водоема. В таких случаях целесообразно разрабатывать математическую модель средней производительности лова.

При составлении математической модели лова кошельковыми неводами с применением света выделим четыре этапа. Первый этап соответствует концентрации рыбы светом, второй – выходу судна к точке начала замета, третий – замету невода, четвертый – кошелькованию.

На первом этапе необходимо знать вероятность успешной концентрации рыбы светом φ_1 с учетом того, что часть рыбы p_1 , которая оказалась в зоне действия света, не попадет в дальнейшем в пространство, окруженное неводом из-за особенностей реакции рыбы на свет и из-за несоответствия длины невода размерам сконцентрированного неводом пространства. Такая вероятность прежде всего зависит от особенностей реакции рыбы на свет, длины невода, параметров и расположения источников света. С учетом этого можно записать следующее приближенное выражение:

$$\varphi_1 = [1 - \exp(-k'_1 \cdot L_H)] \left\{ \frac{I}{I_0} \exp[-k''_1(I - I_0)] \right\}, \quad (1)$$

где k'_1 и k''_1 – эмпирические коэффициенты; L_H – длина невода; I_0 – оптимальная сила света источников при заданном их расположении; I – фактическая сила света источников.

Как следует из выражения (1), вероятность успешной концентрации рыбы в будущей зоне облова тем больше, чем длиннее невод, и при некоторой оптимальной силе света источников.

На втором этапе лова (при выходе судна к точке начала замета) возможны различные классы поведения рыбы – сохранение поведения косяка неизменным, рассеивание или погружение косяка, изменение направления и скорости его перемещения. Особенности поведения рыбы на этом этапе

зависят от состояния объекта лова (пугливости, подвижности, миграционной активности и т.д.), интенсивности акустических шумов судна и шумов акватории, положения точки начала замета относительно косяка с учетом направления перемещения косяка.

Влияние шумов судна на успешность лова на этом этапе можно оценить показателем p_2 , который характеризует вероятность такого изменения поведения косяка, при котором его облов становится маловероятным. Следовательно, величина $\varphi_2 = 1 - p_2$, характеризует вероятность того, что после первого этапа лова косяк остается доступным для облова.

Для данного объекта лова и его состояния величины p_2 и φ_2 зависят в основном от интенсивности акустических шумов судна и шумов акватории, положения точки начала замета относительно косяка с учетом направления перемещения косяка. В общем случае

$$\varphi_2 = \exp\left(-k_p \frac{P_c}{P_u L_y}\right), \quad (2)$$

где P_c / P_u – отношение сигнал/ шум; L_y – расстояние от судна до косяка в точке начала замета, м; k_p – коэффициент, зависящий от особенностей реакции рыбы на шумы судна.

Во время замета возможен уход рыбы из обметанного неводом пространства в обход бежного кляча или под нижнюю подбору. Соответственно, вероятность того, что до окончания замета рыба не уйдет из обметанного неводом пространства:

$$\varphi_3 = 1 - p_3 - p'_3, \quad (3)$$

где p_3 , p'_3 – вероятность ухода рыбы в обход или до подхода бежного кляча и под нижнюю подбору.

Вероятность p_3 зависит от размеров скопления, отношения скорости рыбы к скорости судна при замете, длины невода, тактических показателей замета. Приближенно:

$$p_3 = \exp\left(-k_p'' \frac{L_H(1 - \pi k_v)}{(r_k + L_y)}\right), \quad (4)$$

где k_p'' – эмпирический коэффициент; L_H – длина невода, м; r_k – радиус косяка, м; L_y – упреждение по курсу перемещения косяка, м; k_v – отношение скорости косяка к скорости судна при замете.

Направленное перемещение косяка обычно возможно лишь в условиях зрительной ориентации рыбы на глубине лова.

Вероятность ухода косяка под нижнюю подбору в общем случае зависит в основном от вероятности погружения косяка при замете, начальной глубины погружения косяка, скорости и предельной глубины погружения косяка, высоты невода.

При разработке конкретной модели для вероятности p'_3 необходимо учитывать, что лов не начинают, если первоначальная глубина погружения нижней кромки косяка превышает глубину погружения нижней подборы в конце кошелькования. Кроме того, принимают во внимание, что скорость погружения косяка обычно превышает скорость опускания нижней подборы. Следовательно, вероятность p'_3 зависит в основном лишь от отношения глубины, на которой происходит смыкание колец кошелькового невода (а, следовательно, высоты невода), к предельной глубине погружения косяка. Если высота невода в посадке равна H , то смыкание колец невода происходит на глубине:

$$H' = K_H H, \quad (5)$$

где K_H – коэффициент, равный 0,6–0,7.

Предположим, глубина погружения нижней кромки кошелькового невода подчиняется нормальному закону со средним значением H_k и среднеквадратичным отклонением σ_{Hk} . Тогда функция дифференциальной кривой нормально-го распределения для случайной величины H_k :

$$\varphi(H) = \frac{1}{\sigma_{Hk} \sqrt{2\pi}} \exp \left(-\frac{(H_k - \bar{H}_k)^2}{2\sigma_{Hk}^2} \right), \quad (6)$$

а вероятность ухода рыбы под нижнюю подбору

$$p'_3 = \frac{1}{\sigma_{Hk} \sqrt{2\pi}} \int_{H'}^{\infty} \exp \left(-\frac{(H_k - \bar{H}_k)^2}{2\sigma_{Hk}^2} \right) dH_k. \quad (7)$$

Чтобы пользоваться готовыми таблицами, введем новую переменную $Z = \frac{H_k - H'_k}{\sigma_{Hk}}$, тогда:

$$\begin{aligned} p'_3(H' < H_k < \infty) &= \Phi \left(\frac{\infty - H_k}{\sigma_{Hk}} \right) - \\ &- \Phi \left(\frac{H' - \bar{H}_k}{\sigma_{Hk}} \right) = 0,5 - \Phi \left(\frac{H' - H_k}{\sigma_{Hk}} \right), \end{aligned} \quad (8)$$

где Φ – символ интегральной функции Лапласа.

На этапе кошелькования возможен уход рыбы под нижнюю подбору и через ворота кошелькового невода.

Рассмотренную на предыдущем этапе вероятность ухода рыбы под нижнюю подбору невода можно распространить и на этап кошелькования, то есть считать вероятность p'_3 общей для этапов замета и кошелькования. Вероятность ухода рыбы через ворота кошелькового невода в общем случае зависит в основном от степени подвижности рыбы и скорости ее перемещения при попытке уйти из невода, условий зрительной ориентации рыбы на глубине лова, размеров не-

вода, времени кошелькования, наличия средств предотвращения ухода рыбы через ворота невода.

Удовлетворительные результаты дает определение вероятности ухода рыбы через ворота кошелькового невода по формуле:

$$p_4 = \left\{ 1 - \exp \left(-k_p''' \frac{V_k t_{\text{кош}}}{L_H} \right) \right\} \{ 1 - \exp(-2L_B) \} =$$

$$= \left\{ 1 - \exp \left(-k_p''' \frac{V_k}{2V_{\text{кош}}} \right) \right\} \{ 1 - \exp(-2L_B) \} \quad (9)$$

где k_p''' – эмпирический коэффициент; V_k – скорость перемещения косяка вдоль стены невода; $t_{\text{кош}}$ – время кошелькования; $V_{\text{кош}}$ – средняя скорость выборки стяжного троса; L_H – длина кошелькового невода; L_B – дальность видимости сетного полотна кошелькового невода.

Общая вероятность успешного облова косяка с учетом вероятности ухода рыбы на различных этапах лова:

$$\varphi = \varphi_1 \varphi_2 (1 - p_3 - p_3')(1 - p_4);$$

$$\varphi = [1 - \exp(-k_1' L_H)] \left\{ \frac{I}{I_0} \exp[-k_1''(I - I_0)] \right\} \cdot \exp \left(-k_p' \frac{P_c}{P_{\text{ш}} L_y} \right) \times$$

$$\times \left\{ 1 - \exp \left(-k_p'' \frac{L_H(1 - \pi k_v)}{(r_k + L_y)} \right) - \left[0,5 - \Phi \left(\frac{H' - H}{\sigma_{Hk}} \right) \right] \right\} \times \quad (10)$$

$$\times \left[1 - \left\{ 1 - \exp \left(-k_p''' \frac{V_k}{2V_{\text{кош}}} \right) \right\} \{ 1 - \exp(-2L_B) \} \right]$$

Обловленный неводом объем водоема приближенно зависит от длины L_H и высоты H_H невода в посадке:

$$V = \frac{L_H^2}{4\pi} H_H. \quad (11)$$

Если высота скопления $H_{\text{ск}}$ в неводе значительно меньше высоты невода, то определяют не обловленный объем водоема, а обловленный объем скопления:

$$V_{\text{ск}} = \frac{L_H^2}{4\pi} H_{\text{ск}}. \quad (12)$$

Средний улов кошельковым неводом за цикл лова:

$$Q = \rho \phi V \quad (13)$$

или:

$$Q = \rho_{\text{ск}} \phi V_{\text{ск}}, \quad (14)$$

где ρ – концентрация рыбы в обловленном объеме; $\rho_{\text{ск}}$ – концентрация рыбы в скоплении.

На рис. 1 и 2 представлены результаты расчетов вероятности ухода рыбы из зоны облова кошельковыми неводами двумя путями.

Анализ этих графиков и выражений для определения вероятности успешного облова рыбы кошельковыми неводами позволяет сделать следующие основные выводы.

На этапе концентрации рыбы с применением искусственного света перед обловом кошельковым неводом повысить успешность облова можно, прежде всего, путем образования зоны концентрации рыбы в наибольшей степени соответствующей зоне облова невода с учетом необходимого упреждения при замете. Для этой цели необходимо подобрать известными методами интенсивность излучения источников и их расположение (Мельников, 1973).

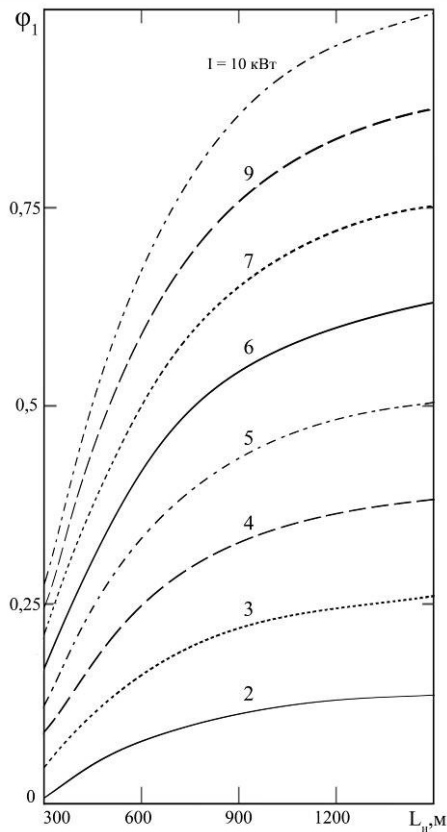


Рис. 1. Зависимость вероятности ухода рыбы φ_1 от длины невода L_H и мощности подводного источника света I

При подходе судна к точке замата результат зависит, прежде всего, от интенсивности шумов промыслового судна, уровня шумов водоема и начального упреждения (расстояния от точки замата до скопления рыб в зоне облова). Лучшие результаты можно получить путем снижения отношения шум/сигнал, перемещении судна на постоянной скорости, при начальном упреждении с учетом дальности реакции рыбы на судно.

При замете невода обычно наиболее важно обеспечить заданное упреждение при соответствующей ему длине невода. Имеет также значение положение точки начала замета относительно первоначального направления перемещения рыбы (с опережением, отставанием). Но и при соблюдении отмеченных условий вероятность успешного завершения этого этапа лова во многом зависит от особенностей перемещения по горизонтали и вероятности погружения рыбы.

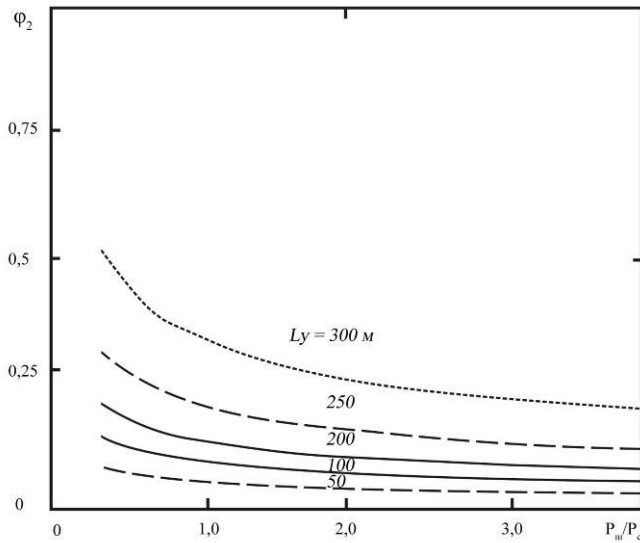


Рис. 2. Зависимость вероятности ухода рыбы φ_2 от отношения $P_{ш} / P_{с}$ и упреждения при замете L_y

При кошельковании невода рыба может уйти из зоны облова прежде всего под нижнюю подбору и в ворота между клячами невода. Вероятность ухода рыбы под нижнюю подбору зависит в основном от высоты невода и скорости кошелькования. Однако влияние этих факторов сказывается в основном при ограниченном погружении рыбы. Вероятность ухода рыбы между клячами невода можно уменьшить в ос-

новном применении в воротах различных физических раздражителей.

4. Обоснование длины кошельковых неводов для лова рыбы с применением света

Рассмотрим особенности обоснования длины кошельковых неводов с применением подводных и надводных источников, а также комбинации этих двух видов источников.

Наиболее часто длину невода определяют для неподвижного скопления при центральном положении скопления, когда центр скопления в освещенной зоне и центр обметанного неводом пространства совпадают.

При обосновании длины невода с использованием точечного подводного источника (это может быть один или несколько источников, образующих единое световое поле), рассчитывают радиус скопления R_k в горизонтальной плоскости, проходящей через источник света. Расчет ведут по одной из формул для определения зоны действия источника подводного освещения:

$$R_k = \sqrt[8]{\frac{I}{\alpha_{cp}^6 E_n}}, \quad (15)$$

где I – сила света точечного источника, кд; α_{cp} – среднее значение показателя ослабления света источника; E_n – пороговое значение освещенности, соответствующее концентрирующему действию источника света.

Если считать, что необходимое упреждение равно L_y , то расчетная длина кошелькового невода:

$$L_H = 2\pi(R_k + L_y) = 2\pi \left(\sqrt[8]{\frac{I}{\alpha_{cp}^6 E_n}} + L_y \right). \quad (16)$$

Величина упреждения L_y :

$$L_y = (1.25 \div 1.5)L_p, \quad (17)$$

где L_p – дальность реакции рыбы на шумы судна.

$\alpha := 0.05, 0.1, 0.2$

$E := 10^{-4}$

$L_y := 20, 25, 100$

$J := 2500$

$\alpha =$

0.05
0.1
0.15
0.2

$$L_H(\alpha, L_y) := 2 \cdot \pi \left(L_y + \sqrt[8]{\frac{J}{\alpha^6 \cdot E}} \right)$$

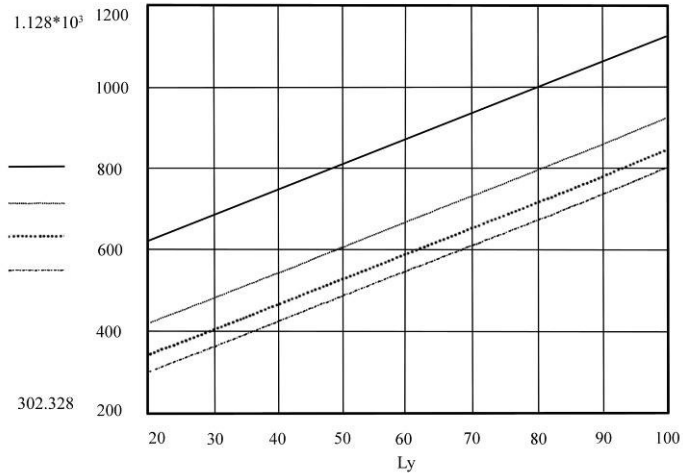


Рис. 3. Зависимость длины кошелькового невода при ловле с применением подводных источников от упреждения при замете, силы света источников, ослабления света водой для пороговых значений освещенности $E_{\Pi} = 10^{-4}$ лк

Дальность реакции косяка изменяется от 15–20м для малоподвижных рыб при ночном световом режиме в водоеме до 200–300м для подвижных пугливых рыб в условиях зрительной ориентации.

При лове с применением света дальность реакции обычно не превышает 80–100м, а в основном равна 20–50м.

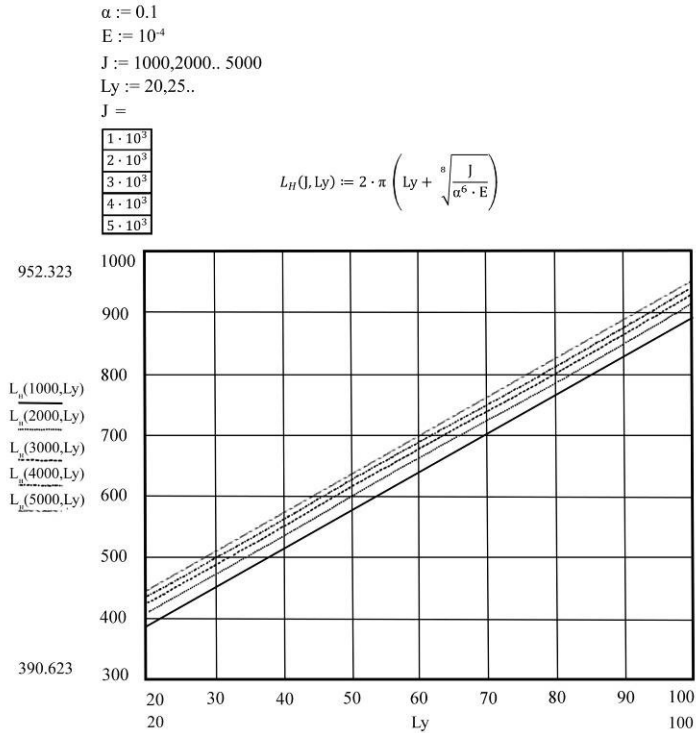


Рис. 4. Зависимость длины кольцевого невода при лове с применением подводных источников от упреждения при замете, силы света источников, ослабления света водой для пороговых значений освещенности $E_{\Pi} = 10^{-4}$ лк

На рис. 3 и 4 приведены зависимости длины кольцевого невода при лове с применением подводных источников от упреждения при замете, силы света источников, ослабления света водой для пороговых значений освещенности $E_{\Pi} = 10^{-4}$ лк.

Иногда подводные источники света располагаются на достаточно большом расстоянии друг от друга, и их совокуп-

ность нельзя считать точечным источником подводного освещения. Такой вариант возможен, например, когда подводные источники для концентрации рыбы опускают с различных частей судна (кормы, носа, со средней части, с разных бортов и т.д.). В этом случае, прежде всего, определяют общую картину светового поля в горизонтальной плоскости, проходящей через источники света. Для решения задачи можно воспользоваться аналитическим и графическим способами, определяя изолинию светового поля для порогового значения освещенности, соответствующего концентрирующему действию поля на рыбу. После того, как границы скопления в зоне действия совокупности подводных источников света установлены, возможны три варианта расчета.

В соответствии с первым вариантом размеры зоны концентрации рыбы в световом поле, имеющей в общем случае сложную форму, увеличивают на значение упреждения. Замет невода производят по полученному контуру, если необходимо, упрощая его.

По второму варианту сложную по форме зону концентрации рыбы заменяют эквивалентной окружностью такой же площади, как и зона концентрации рыбы. Затем размеры зоны увеличивают на величину упреждения. Невод замечают по окружности, радиус которой получен с учетом этого упреждения. Недостаток такого варианта замета и определения длины кошелькового невода заключается в том, что в некоторых местах судно подходит к скоплению ближе, чем на расстояние упреждения, а иногда и пересекает скопление. Это приводит к потере части рыбы, накопленной в световом поле.

В соответствии с третьим вариантом проводят окружность минимального радиуса, которая полностью охватывает скопление в зоне привлечения света. Затем радиус полученной окружности увеличивают на упреждение, и замет производят по окружности этого радиуса. Для всех трех вариантов аналитическим или графическим способом несложно определить необходимую длину кошелькового невода.

Если скопление в зоне действия источников света перемещается, то длину невода можно рассчитывать одним из способов, когда замет производят по вытянутым кривым, например, с учетом упреждения в процессе замата не меньше заданного и т.д.

Подводные источники света имеют небольшую зону действия и их применение при лове кошельковыми неводами не всегда возможно.

Чаше для концентрации рыбы перед началом облова используют надводные источники, горизонтальные размеры зоны действия которых достигают нескольких сот метров. Ограничением на применение таких источников служат небольшие вертикальные размеры зоны их действия, которые не превышают 30–40 м, а практически их можно использовать, если рыба располагается на глубине не более 20–25 м.

Как и при лове с применением подводных источников, за основу расчета принимают размеры зоны действия светового поля по горизонтали. Если верхняя кромка косяка располагается у самой поверхности воды, то в расчет принимают размеры зоны действия светового поля под самой поверхностью воды. В общем же случае за основу принимают горизонтальные размеры зоны действия на глубине погружения верхней кромки косяка.

Замет чаще необходимо производить при центральном положении косяка. Если верхняя граница скопления рыбы находится на некоторой глубине, то длину невода определяют с учетом горизонтальных размеров зоны действия светового поля на этой границе. Обычно при этом горизонтальные размеры зоны действия не превышают 0,4–0,5 от горизонтальных размеров зоны действия у поверхности воды.

С учетом выражения для оценки таких размеров среднюю длину кошелькового невода при лове с применением надводных источников света можно определить по формуле:

$$L_H = \left(0,1 \cdot \sqrt[3]{\frac{5hI\varphi}{E_n}} + L_y \right). \quad (18)$$

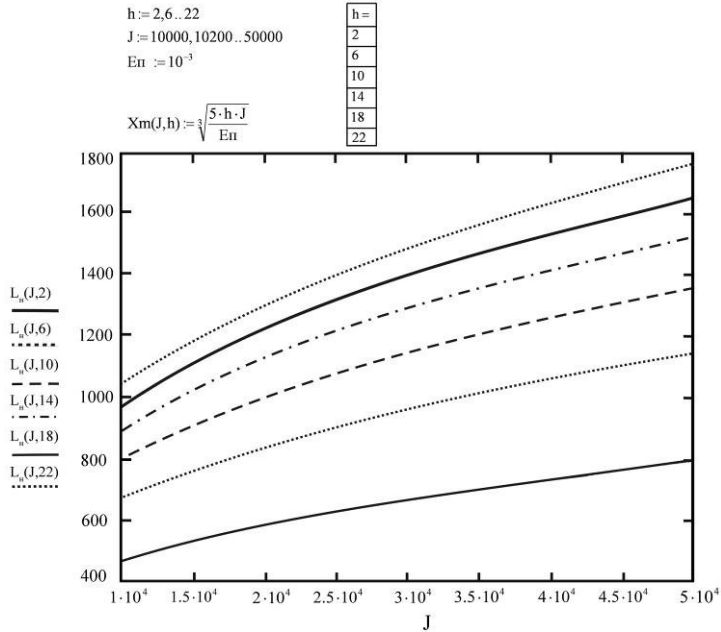


Рис. 5. Результаты расчетов длины кошелькового невода для лова каспийской кильки с применением надводных источников

На рис. 5 приведены результаты расчетов длины кошелькового невода для лова каспийской кильки с применением надводных источников в соответствии с формулой (18). При обычной мощности источников света, высоты их подвеса над поверхностью воды, порогового значения освещенности и величины упреждения длина невода обычно не превышает 600–800м.

Горизонтальные размеры зоны действия надводных источников могут быть велики относительно размеров облавливаемых скоплений кильки и длины кошелькового невода, который имеется на судне. Тогда, как показано ранее, размеры зоны действия можно регулировать силой света и высотой подвеса источников или величиной угла рассеяния световых люстр.

С помощью надводных источников можно облавливать не только изначально единое скопление, но и скопление, ко-

торое образовано путем сведения нескольких световых скоплений в одно. Необходимую длину невода при этом определяют с учетом размеров общего скопления.

Рассмотрим далее особенности определения длины кошелькового невода при лове с применением источников подводного и надводного освещения, когда необходимо учитывать снос рыбы течением или активное перемещение скопления обычно с небольшой скоростью.

В этом случае целесообразно использовать способы расчета длины невода, которые можно использовать и при лове без применения искусственного света. При этом предварительно с учетом размеров светового поля в воде определяют и считают известным размер (радиус) скопления. Очевидно, этот размер обычно больше, чем размер косяков, образованных без применения света.

Наиболее общим для облова скоплений рыбы ограниченных размеров является обоснование длины кошелькового невода при замете с расстоянием судна от косяка не меньше заданного. С учетом рассмотренного условия замет невода производят по вытянутым траекториям, и он состоит из трех этапов (рис. 6).

Первый этап замета охватывает траекторию судна от точки начала замета до пересечения линии перемещения косяка траекторией судна, второй – от точки пересечения линии перемещения косяка траекторией судна до конечной точки на траектории, где выдерживают заданное расстояние до косяка, третий этап соответствует замету на прямом курсе с возвращением в точку начала замета. Второй этап заканчивают после прихода в точку C_3 на траверзе или несколько позади траверза центра косяка, то есть когда $q_{k_3} > 90^\circ$.

вой угол (рис. 6); L'_y – расстояние от судна до центра косяка, равное заданному упреждению L_y плюс радиус косяка r_k .

Из полученной формулы следует, что длина невода зависит от величины L'_y , отношения скорости косяка к скорости судна k_V и курсовых углов q_{k_1} и q_{k_3} .

Радиус скоплений рыбы при лове с применением света обычно изменяется от 30 м до 80–100 м.

Отношение k_V скорости косяка к скорости судна обычно изменяется от 0,1 до 0,5 и зависит в основном от скорости перемещения рыбы. При небольшой скорости активных и пассивных миграций в ночное время отношение скорости косяка к скорости судна обычно не превышает 0,2. При небольшой скорости перемещения и подвижности рыбы с применением света скорость судна может быть очень небольшой. В этом случае существенно снижаются необходимые упреждение, длина невода и повышается вероятность успешного облова скопления.

С учетом опыта лова точку начала замета обычно выбирают так, чтобы она находилась на траверзе хвостовой части косяка. Такому положению точки начала замета соответствует курсовой угол q_{k_1} порядка 100–120°. Однако при лове в ночное время не очень пугливой и подвижной рыбы для уменьшения длины невода замет следует начинать впереди траверза косяка на курсовых углах q_{k_1} , лишь несколько больше 50–60°.

Для успешного облова косяка курсовой угол q_{k_3} должен быть равным 100–120°.

Так как значения курсового угла q_{k_3} достаточно определены, то для ориентировочных расчетов с использованием формулы (19) полезно пользоваться аналитическими выражениями и графиками отношения:

$$\frac{L'_y}{L_H} = f(k_V, q_{k_1}). \quad (20)$$

Например, для курсового угла $q_{k_1} = 110^\circ$ длину невода можно определить по формуле, полученной из выражения (19):

$$L_H = \frac{L'_y}{0,2 - 0,14k_V}. \quad (21)$$

При курсовом угле $q_{k_1} = 70^\circ$, более характерном для замата при лове рыбы с применением света:

$$L_H = \frac{L'_y}{0,22 - 0,18k_V}. \quad (22)$$

Уравнения вида (20) имеют большое значение в процессе работы невода, так как при заданной длине невода позволяют корректировать курсовой угол q_{k_1} , а иногда и упреждение L_y , чтобы выполнить нормальный замет.

В соответствии с расчетной формулой (22) длина невода при курсовом угле $q_{k_1} = 70^\circ$ несколько меньше, чем при курсовых углах, превышающих 100° . Соответственно, при лове рыбы с применением света по этой причине она меньше, по сравнению с неводами для облова быстроходных и подвижных косяков рыбы, несмотря на большие размеры облавливаемых скоплений. Кроме того, длина невода при лове рыбы с применением света в меньшей степени зависит от скорости судна при замете из-за малой скорости перемещения объекта лова. Но основная причина меньшей длины кошельковых неводов при лове рыбы с применением света связана с небольшим обычно упреждением во время замата.

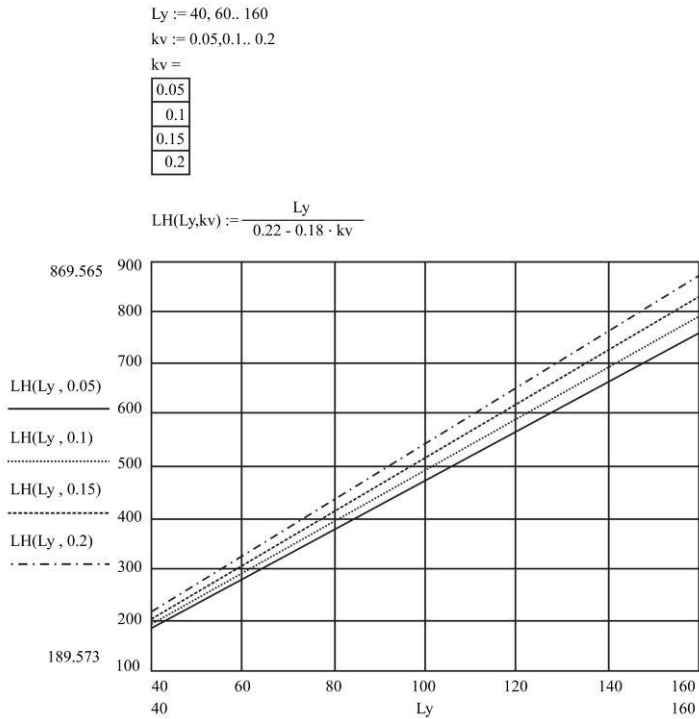


Рис. 7. Данные о влиянии на длину кошельковых неводов для лова каспийской кильки величины упреждения и отношения скорости рыбы к скорости судна при курсовом угле $q_{k_1} = 70^\circ$

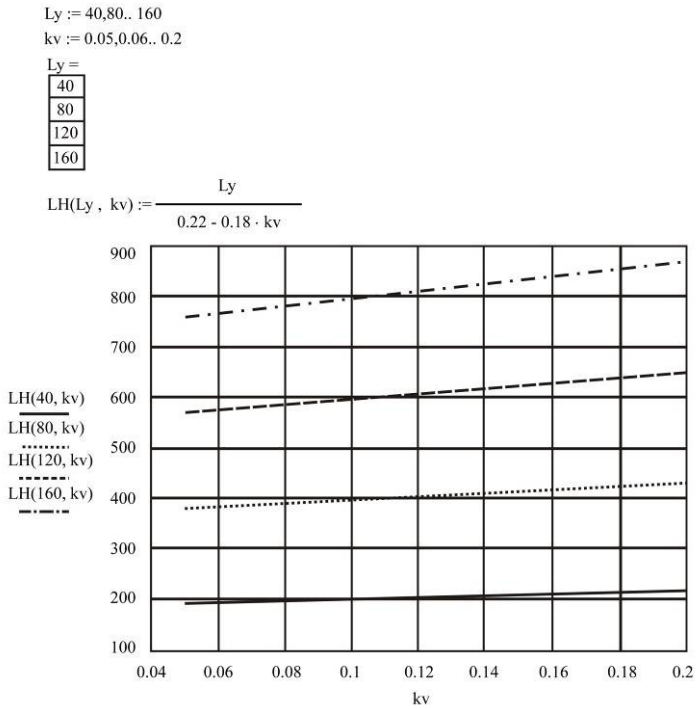


Рис. 8. Данные о влиянии на длину кошельковых неводов для лова каспийской кильки величины упреждения и отношения скорости рыбы к скорости судна при курсовом угле $q_{k_1} = 70^\circ$

На рис. 7 и 8 приведены данные о влиянии на длину кошельковых неводов для лова каспийской кильки величины упреждения и отношения скорости рыбы к скорости судна при курсовом угле $q_{k_1} = 70^\circ$. Откуда следует преобладающее влияние на длину невода в нашем случае величины L'_y (величины упреждения плюс радиуса скопления).

При лове с применением света скоплений рыбы с небольшой скоростью перемещения замет можно производить

по окружности. Наиболее совершенный способ расчета длины невода в этом случае учитывает, что в различных заматах косяк до встречи с сетной стенкой может перемещаться в различных направлениях (рис. 9). При этом длина невода должна быть достаточной при движении рыбы в достаточно широком диапазоне направлений перемещения косяка. По существу, этот метод также является одним из методов многовариантного расчета длины кошелековых неводов.

Оптимальная длина невода при расчете рассмотренным методом существенно зависит от угла α , определяющего направление перемещения. В общем случае при расчете длины невода учитывают возможность перемещения рыбы под различными углами α .

Пусть в начале замата центр косяка радиусом r_k находится в точке k_1 , а судно в точке C_1 (рис. 9). Относительное расположение судна в начале замата оценим упреждением L_{y_1} и углом γ . В начале замата по окружности радиусом R косяк перемещается в направлении, которое характеризуется углом α .

Чтобы замет был успешным, судно должно проходить путь C_1C_2 несколько быстрее, чем косяк путь k_1k_2 . С учетом этого необходимая длина невода в общем случае:

$$L_H = 2\pi \frac{(r_k + L_{y_1})(\sin \alpha + \sin \gamma) + \frac{1}{k_V(r_k + L_{y_2})}}{\frac{\sin[\alpha - (1-k)\sin \alpha]}{k_V \sin \alpha} - (\alpha + \gamma - \sin \alpha - \sin \gamma)}, \quad (23)$$

где L_{y_2} – упреждение в точке C_2 ; $K = 2\pi \frac{r_k + L_p}{L_H}$ (где L_p – дальность реакции рыбы на судно).

тодом последовательного приближения, принимая первоначально значение $k = 0,5-0,7$.

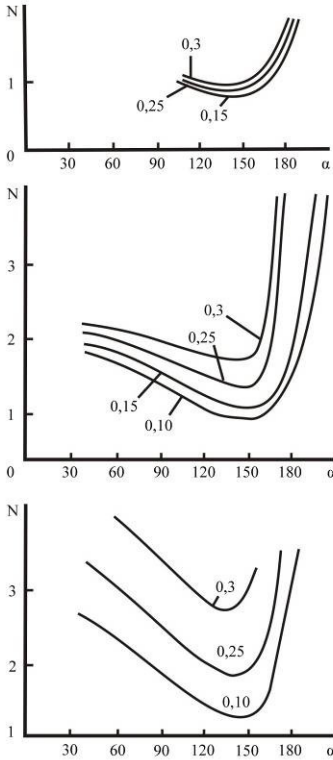


Рис. 10. Результаты расчетов необходимой длины невода для $k = 0,5$, $L_{y_1} = L_{y_2}$ нескольких значений k_V и γ , которые в наибольшей степени соответствуют условиям лова каспийской кильки лова.

Некоторое влияние на расчетную длину невода и успешность лова оказывают параметры замета. При положи-

На рис. 10 приведены результаты расчетов необходимой длины невода для $k = 0,5$, $L_{y_1} = L_{y_2}$ нескольких значений k_V и γ , которые в наибольшей степени соответствуют условиям лова каспийской кильки. По графикам на рисунке непосредственно определяют относительную величину

$$N = \frac{L_H}{2\pi(r_k + L_{y_1})}.$$

Это позволяет затем определить необходимую длину невода для различных размеров косяков r_k и упреждения L_{y_1} .

Как видно из представленных графиков для значений коэффициента k_V , характерных для лова малоподвижных рыб, например каспийской кильки, величина N обычно близка к 1 и, следовательно, расчетная длина невода примерно равна длине невода, когда облавливается неподвижный косяк, расположенный в центре зоны об-

тельных углах γ (замет начинается в точке M_1) длина невода больше, чем при отрицательных. Как видно на рис. 10, эта разница особенно велика при больших значениях k_V . В нашем случае при малых значениях отношения скоростей это влияние значительно меньше. Кроме того, с учетом небольшой скорости плавания кильки замет целесообразнее начинать в точке М при отрицательном значении этого угла, то есть с опережением. Замет с большими отрицательными углами γ позволяет также при сравнительно небольшой длине невода держаться во время замета на большом расстоянии от косяка. При лове рыбы с высокой степенью случайности поведения целесообразно пользоваться заметом, когда $\gamma > 0^\circ$. Для получения более существенной разницы в оценке длины невода в двух последних случаях значение γ обычно выбирают равным $\pm 90^\circ$. Из результатов расчетов следует, что за основу принимают длину невода, которая обеспечивает его успешную работу при перемещении рыбы до критических углов α . Критические углы, при которых рыба уходит из невода, лежат в пределах от 135° до 210° и зависят в основном от величины k_V .

При малых значениях этого отношения, как в нашем случае, критические углы приближаются к верхней границе этого диапазона. Критический угол α можно несколько увеличить, если замет выполнять не по окружности, а по вытянутой кривой. Полученный при этом эффект существен лишь при углах $\alpha > 170\text{--}180^\circ$, и его можно оценить, так как изменение траектории судна эквивалентно увеличению скорости судна при замете по окружности.

При многовариантном проектировании кошельковых неводов длину неводов можно определять для различных периодов года, районов лова и видов рыбы. В частности, расчеты показывают, что в различные периоды года оптимальна длина кошельковых неводов для лова рыбы одного вида может отличаться почти в два раза. Существенный вклад в это

различие вносит колебание размеров облавливаемых скоплений.

5. Обоснование высоты кошельковых неводов для лова рыбы с применением света

Определение оптимальной высоты кошелькового невода при лове рыбы с применением источников искусственного освещения отличается необходимостью учета распределения рыбы по глубине в освещенной зоне. При этом учитывают, что рыба может располагаться по глубине во всей зоне обнаружения рыбы или только в некоторой его части, ограниченной заданными пороговыми значениями освещенности.

Рассмотрим особенности обоснования с применением подводных и надводных источников света.

Если подводный точечный источник света располагается на глубине H , а расположение рыбы по глубине ограничено пороговым значением освещенности E_n , то нижняя кромка облавливаемого скопления находится на глубине:

$$H_{Hk} = H + 8 \sqrt{\frac{J}{\alpha_{cp}^6 E_n}}, \quad (24)$$

тогда необходимая высота невода в жгуте:

$$H_0 = \frac{H + 8 \sqrt{\frac{J}{\alpha_{cp}^6 E_n}}}{k_H \cdot u_2}. \quad (25)$$

Чтобы уменьшить необходимую высоту невода, глубину расположения подводных источников света принимают возможно меньшей. Обычно наименьшую глубину погружения источников ограничивает волнение. Под влиянием волнения может изменяться положение источников света и характеристики светового поля за счет «игры» отраженного от поверхности воды света, что неблагоприятно сказывается на поведении рыбы в освещенной зоне (Никоноров, 1973).

При определении высоты кошелькового невода для работы с применением надводных источников света учитывают, что максимальную глубину H , на которой рыба способна обнаружить свет надводного источника, можно определить по приближенной формуле, которую можно получить из более общей формулы:

$$H = \sqrt{\frac{I}{E_{\text{п}}} 10^{-\alpha H}}, \quad (26)$$

где I – сила света надводного источника; $E_{\text{п}}$ – пороговое значение освещенности глаза рыбы; α – показатель ослабления света надводного источника.

С помощью надводных источников света в районах лова кошельковыми неводами можно концентрировать рыбу, которая находится на глубине не более 30–35 м. Эти значения максимальной глубины расположения рыбы обычно принимают при определении высоты кошелькового невода с применением надводных источников.

Наконец, возможен вариант, когда высоту кошелькового невода определяют с учетом одновременного действия световых полей подводных и надводных источников. Как показано выше, зону действия результирующего светового поля в этом случае определяют, зная число и расположение источников надводного и подводного освещения. После этого, как и для лова с применением надводных и подводных источников, определяют необходимую высоту кошелькового невода.

Высоту, как и длину кошелькового невода, можно определять по результатам многовариантного расчета для различных сезонов и условий лова, видов рыб.

Необходимо также учитывать, что невод с определенными параметрами можно использовать в различных условиях, изменяя размеры облавливаемого скопления путем регулирования количества и расположения источников надводного и подводного освещения.

6. Обоснование показателей сетного полотна, загрузки, плава кошельковых неводов для лова рыбы с применением света

Показатели сетного полотна необходимо рассматривать отдельно для сливных частей и крыльев кошелькового невода.

Сетное полотно в сливе неводов выполняет отсеживающие функции, которые рассмотрены ранее. Однако при этом учитывают, по крайней мере, три особенности, влияющие на селективные свойства сливов.

Во-первых, коэффициент соответствия формы ячеи форме тела рыбы из-за небольшого натяжения сетных нитей близок к 1. Во-вторых, по той же причине при оценке относительного удлинения ячеи учитывают нагрузки не в результате действия улова и сопротивления движению улова и сетного полотна, а нагрузки на сетные нити при прохождении рыбы через ячею. В-третьих, при оценке доли рыб, не подверженных селективному действию ячеи, чаще учитывают составляющую, связанную с размером ячеи, а составляющую, обусловленную действием величины улова, учитывают только при больших уловах и непрерывном процессе его выливки, когда улов в процессе выборки представляет собой плотную массу.

С учетом этих замечаний на рис. 11 в качестве примера приведены расчетные кривые селективности сливных частей кошельковых неводов для лова каспийской кильки с применением света.

Размер ячеи в сливе кошельковых неводов определяют в общем случае с учетом двух условий. С одной стороны, прилов рыб непромысловых размеров не должен превышать заданного Правилами регулирования рыболовства, с другой, — уход из слива рыб промысловых размеров не должен быть слишком большим, чтобы существенно не снижать эффек-

тивность лова. В ряде случаев полезно также оценивать объём вылавливания рыбы сетным полотном и долю рыб, погибающих после ухода через ячейку.

С учетом всех перечисленных условий размер ячеек в сливе определяют с применением основных уравнений селективности при отцеживании рыбы сетным полотном.

На рис. 12 приведены результаты расчетов размера ячеек слива кошелькового невода при лове каспийской кильки с применением света. Откуда видно, при допустимом прилове кильки непромысловых размеров $[n_{\text{нп}}] = 0,08$ (8%) расчетный размер ячеек равен 16 мм. Уход рыб промысловых размеров из слива при таком размере ячеек равен 10–12%, что вполне допустимо.

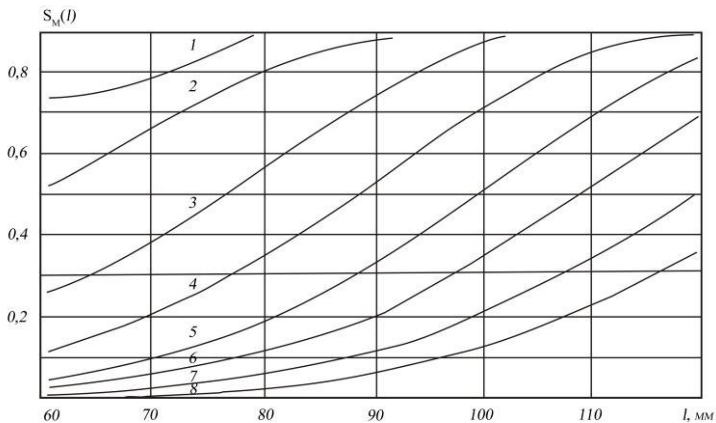


Рис. 11. Расчетные кривые селективности сливных частей кошельковых неводов для лова каспийской кильки с применением света

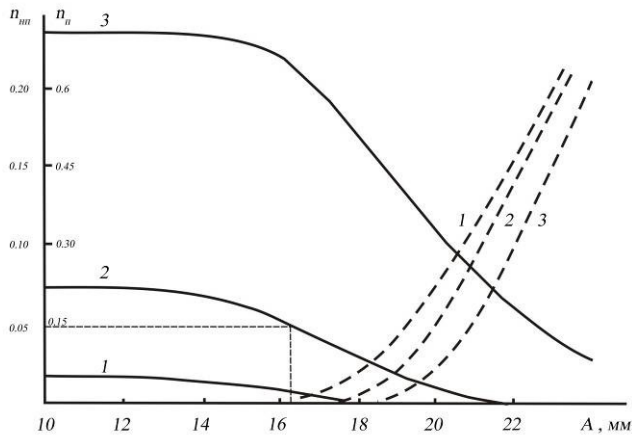


Рис. 12. Результаты расчетов размера ячеи слива кошелькового невода при лове каспийской кильки с применением света

Если при полученном размере ячеи в сливе наблюдается большое объедавание (что для лова кошельковыми неводами крайне нежелательно), то дополнительно с использованием одного из основных уравнений селективности строят кривую зависимости объедавания от размера ячеи. После этого ранее найденный размер ячеи с учетом прилова рыб промысловых размеров корректируют обычно в сторону уменьшения, чтобы снизить объедавание.

Размер ячеи в сливе из рассмотренных условий можно определить и при облове многовидовых скоплений. Но тогда графики прилова рыб промысловых размеров и ухода через ячею рыб промысловых размеров строят для каждого объекта лова и определяют размер ячеи с учетом ограничений также по каждому объекту лова. После этого устанавливают, можно ли успешно облавливать рыб нескольких видов при использовании слива с одним размером ячеи или облов рыб нескольких видов невозможен. Для решения задачи используют методы дисперсионного анализа. Например, при лове каспийской кильки кошельковыми неводами к такому виду рас-

четов прибегают, когда в уловах кильки наблюдается прилов молоди сельди. Решение задачи в этом случае сводится к выбору такого размера ячеи, при котором прилов молоди сельди минимален. Практически эту задачу можно решить, если молодь сельди по размерам в общем меньше размеров кильки. В противном случае задачу нельзя решить без существенного ухода рыбы промысловых размеров из невода и снижения эффективности лова.

При лове кошельковыми неводами иногда скопления рыб близки к одноразмерным, и необходимо вылавливать всех рыб в скоплении, не допуская объеживания. Для определения размера ячеи в сливной части невода в этом случае также можно воспользоваться основными уравнениями селективности с учетом ограничений на лов рыбы.

Подслив кошельковых неводов, как и слив, должны удерживать возможно полнее рыб промысловых размеров и пропускать через ячею большую часть рыб непромысловых размеров. Соответственно, аналогичным образом рассчитывают здесь размер ячеи. При относительно небольших уловах за цикл лова расчетный размер ячеи в подсливе практически не должен отличаться от расчетного размера ячеи в сливе. При больших уловах расчетный размер ячеи в подсливе может быть несколько меньше, чем в сливе, где небольшая обычно часть рыбы не подвергается селективному действию ячеи. Таким образом, размер ячеи в подсливе обычно не должен быть больше размера ячеи в сливе. Правильный выбор размера ячеи в подсливе иногда не менее важен, чем в сливе, если в подсливе наблюдается высокая концентрация рыбы в конце выборки крыльев.

Размер ячеи в сливе и подсливе кошельковых неводов должен регламентироваться Правилами регулирования рыболовства и конвенционными соглашениями. В таких случаях расчетные значения размера ячеи сравнивают с заданными и, если они отличаются, то принимают последний. Так как заданный много лет назад в Правилах размер ячеи может не соответствовать существующим условиям промысла, то для него определяют уход через ячею рыб промысловых разме-

ров, а из выражения – гибель рыб, ушедших через ячею. Если уход через ячею рыб промысловых размеров превышает 30–35%, то необходимо ставить вопрос о пересмотре существующих Правил.

Размер ячеи в крыльях кошельковых неводов, которые выполняют задерживающие функции для рыбы промысловых размеров, выбирают с учетом двигательной активности рыбы, условий зрительной ориентации, расположения сетного полотна в неводе относительно направления его движения. В общем случае сетное полотно при обосновании размера ячеи делят на несколько участков.

К первому из них относят участки сетного полотна крыльев, которые часть времени перемещаются при выборке крыльев перпендикулярно своей плоскости. Этим участкам соответствует в крайнесливных неводах средняя по длине и пятная части невода, а в среднесливных – часть невода, примыкающая к сливу. Здесь условия для выхода рыбы из невода через ячею достаточно благоприятны, особенно к концу выборки крыльев. Вот почему на этих участках размер ячеи не должен существенно отличаться от размера ячеи в сливе и подсливе. Например, на этих участках можно принять размер ячеи, которому соответствует уход рыб промысловых размеров, равный 1–2%, и отсутствие обьячеивания, но не самых мелких, а крупных рыб в скоплении. Такой размер ячеи находят по графикам для оценки прилова рыб непромысловых размеров в зависимости от размера ячеи.

Второй участок охватывает остальную часть крыльев, которые в основном перемещаются параллельно или под углом не более 60–70° к своей плоскости и его первым выбирают из воды. Уход рыбы через ячею здесь менее вероятен из-за характера относительного движения сетного полотна и рыбы, полного или частичного слияния мельканий сетных нитей, образования у его поверхности при углах атаки сетного полотна менее 10° пограничного гидродинамического слоя.

Если ловят в условиях зрительной ориентации, то размер ячеи здесь рассчитывают из условия слияния мельканий сетных нитей.

Выбор скорости и направления перемещения рыбы в зоне облова кошелькового невода не всегда определен, поэтому в расчет часто принимают условие, что килька неподвижна.

При любых условиях зрительной ориентации рыбы у сетной стенки, если сетное полотно части крыла перемещается под углами не более 10° относительно своей плоскости, размер ячеи находят из условия эффективного действия на рыбу гидродинамического пограничного слоя сетного полотна.

В условиях зрительной ориентации и при малых углах атаки сетного полотна размер ячеи одновременно определяют из условия слияния сетных нитей и из условия эффективного действия на рыбу гидродинамического поля пограничного слоя. Из двух полученных значений размера ячеи выбирают большее.

Размер ячеи на втором участке крыла может быть в несколько раз больше, чем на первом его участке.

Если рыба при кошельковании и выборке невода не погружается, то в нижних частях крыльев можно выделить третий участок крыльев, где размер ячеи может быть намного больше, чем на втором участке.

Необходимо обратить лишь внимание на оценку размера ячеи в крыльях неводов и требования к дальности и степени видимости сетного полотна.

Из-за плохих условий зрительной ориентации размер ячеи в крыльях неводов в общем должен быть меньше, чем в неводах, работающих при естественном световом режиме. Как правило, размер ячеи здесь должен быть таким же, как в подсливе, особенно если рыба в освещенной зоне не образует плотных концентраций и велика вероятность ее просеивания через сетное полотно при кошельковании, однако, если скопление рыбы в зоне облова находится в поверхностных слоях воды и не опускается при кошельковании, у низов невода

можно использовать сетное полотно с повышенным размером ячеи.

Видимость кошелькового невода имеет значение в основном процессе замета и кошелькования, когда велика вероятность ухода рыбы из окруженного неводом пространства.

Более заметную сетную стенку невода рыба раньше обнаруживает и, ориентируясь на нее, проще находит выход из зоны облова. По этой причине кошельковые невода, как правило, должны иметь наименьшую видимость в воде. Наилучшими в этом отношении были бы сетные полотна из полупрозрачных монопоней. Однако из-за высокой жесткости таких нитей и большого объема массы невода на палубе судна, пока используют материалы из непрозрачных нитей.

Сетное полотно кошельковых неводов располагается вертикально, и рыба рассматривает его на фоне горизонтально идущих в воде лучей. В этом случае в прозрачных водах при естественном световом режиме наименьшую видимость имеет сетное полотно из непрозрачных материалов, окрашенное в серый цвет с коэффициентом отражения

$$\rho = 0,5 \sqrt{\frac{1}{X_c}}, \quad (27)$$

где X_c – прозрачность воды по диску Секки, м.

В районах лова кошельковыми неводами рассматриваемая прозрачность обычно превышает 4–5 м, когда кошельковые невода следует окрашивать в темно-серый цвет с коэффициентом отражения менее 0,20–0,25.

Если при лове кошельковыми неводами применяют искусственный свет, то окраска сетевого полотна наименьшей видимости должна быть темной, когда источники света располагаются внутри обметанного пространства, и светлой, если они находятся за пределами зоны облова. Эти требования распространяются лишь на достаточно освещенные искусственным светом участки невода.

Если один и тот же невод должны использовать и при естественном световом режиме, и с применением искус-

ственного освещения, то наиболее универсальной будет окраска сетного полотна в темно-серый цвет с коэффициентом отражения 0,15–0,2.

На практике диаметр d сетных нитей в сливе кошельковых неводов обычно находят из отношения $d/A_{\phi}=0,04\text{--}0,05$, в предсливной части – из отношения 0,03–0,04, в крыльях – из отношения 0,025–0,03. Большая величина приведенных отношений соответствует крупноячейной дели, меньшая – мелкоячейной дели, как для лова каспийской кильки. Такие соотношения не только обеспечивают обычно достаточную прочность сетного полотна, но и способствуют меньшему обьячеиванию рыбы.

Диаметр сетных нитей кошельковых неводов и других сетных орудий лова можно также рассчитать, если известен закон изменения их прочности во времени. В расчетах кошельковых неводов допустимую остаточную прочность можно принять равной 0,25–0,30. Возможно определение необходимой толщины сетных нитей с учетом экономических критериев, из условий общей и местной прочности сетного полотна и т.д.

Посадочный коэффициент сетного полотна слива и предсливной части кошельковых неводов должен обеспечить возможно меньшее приотпление стены невода и повышенную селективность. Первое условие наилучшим образом выполняется при меньших посадочных коэффициентах, а второе, – когда форма ячеи в рабочем состоянии соответствует форме поперечного сечения тела рыбы в плоскости максимального поперечного сечения. Для рыб наиболее распространенной формы этим двум требованиям в наибольшей степени соответствует посадочный коэффициент, равный 0,5. Такой посадочный коэффициент обычно рекомендуют на практике.

Посадочный коэффициент в крыльях влияет на первоначальную высоту невода и приращение высоты в процессе кошелькования, нагрузки при кошельковании, скорость погружения нижней подборы и приотпление верхней, сбегание невода к центру при кошельковании, на размеры ворот нево-

да под судном, удобство выборки невода, деформацию подбор и т.д. С учетом всех факторов и всех случаев лова крылья кошельковых неводов следует сажать с посадочными коэффициентами 0,6–0,7, при этом большие значения посадочных коэффициентов в основном принимают из соображений экономии материалов.

Скорость погружения низов невода в основном влияет на вероятность ухода рыбы при замете и кошельковании под низы невода.

Из них при лове с применением света наибольшее значение имеет расчет загрузки, когда рыба держится в процессе замета и кошелькования на постоянном горизонте. При решении задачи в этом случае учитывают упреждение при замете L_{y_1} . Скорость погружения и загрузку нижней подборы выбирают так, чтобы рыба проходила расстояние L_{y_1} до стены невода со скоростью V_p за время опускания нижней подборы на глубину H_1 погружения нижней кромки косяка.

Среднюю скорость v_{II} погружения нижней подборы до глубины H_1 можно определить по преобразованной нами формуле Г.Н. Степанова (1966):

$$v_{II} = \sqrt{\frac{G_{\Gamma} + G_C H_1 (1 - \frac{\varphi}{2})}{\rho_B c}}, \quad (28)$$

где G_C – вес в воде 1 м^2 дели в посадке, Н; G_{Γ} – вес в воде 1 м нижней подборы с оснасткой, включая стяжной трос, Н; ρ_B – плотность воды, кг/м^3 ; φ – эмпирический коэффициент (ориентировочно $\varphi = 0.2$); c – коэффициент сопротивления, равный 0,7–1,0.

С учетом этого можно найти загрузку G_{Γ} для заданной скорости погружения нижней подборы:

$$G_{\Gamma} = \rho_{Bc} \left(\frac{H_1 v_p}{L_{y1}} \right)^2 - G_c H_1 \left(1 - \frac{\varphi}{2} \right). \quad (29)$$

Для $G_{\Gamma} > 20 - 25 \text{ Н/м}$ выражение (28) можно упростить:

$$v_{\Pi} = \sqrt{\frac{G_{\Gamma}}{\rho_{Bc}}}. \quad (30)$$

Из последней формулы особенно видно, что прирост скорости погружения v_{Π} с увеличением G_{Γ} постепенно уменьшается и становится небольшим для значений $G_{\Gamma} = 40-50 \text{ Н/м}$. По этой причине без особой необходимости (например, когда небольшой прирост v_{Π} существенно повышает вероятность лова) не имеет смысла принимать загрузку более $40-50 \text{ Н/м}$.

Иногда загрузку необходимо рассчитывать из условия, что килька в процессе замета или кошелькования опускается, но горизонт ее погружения не ограничен. Необходимую скорость свободного погружения рассчитывают с учетом того, что на этой предельной глубине погружения рыбы H_c , стяжные кольца невода должны замкнуться раньше, чем на этой глубине окажется нижняя кромка косяка.

Расчет загрузки при неограниченном погружении косяка целесообразно выполнять, когда средняя скорость его погружения не превышает $0,20-0,25 \text{ м/с}$, равной максимально возможной скорости погружения нижней подборы невода. Если скорость погружения косяка превышает эти значения, то косяк уходит под нижнюю подбору при любой загрузке. К сожалению, большинство объектов лова кошельковыми неводами способно погружаться со скоростью больше $0,20-0,25 \text{ м/с}$, а, следовательно, возможен их уход под нижнюю подбору. Методика расчета загрузки в двух последних случаях приведена в работе В.Н. Мельникова.

Список рекомендованной литературы

1. Асланова, Н.Е. Поведение хамсы в зоне ставных неводов / Н. Е. Асланова // Рыбное хозяйство. – 1947. – № 12. – С. 3–7.
2. Багаутдинов, И. И. Состояние и перспективы развития лова сардины на свет / И. И. Багаутдинов // ЦНИИТЭИРХ. ОИ. Сер. 2: Промышленное рыболовство. – 1975. – Вып. 8. – С. 28–31.
3. Баранов, Ф.И. Техника промышленного рыболовства / Ф.И. Баранов. – М.: Пищепромиздат, 1960. – 532 с.
4. Гирса, И.И. Биологические основы привлечения рыбы на свет / И.И. Гирса // Биологические основы управления поведением свет. – М.: Наука, 1970. – С. 191–225.
5. Григорьев, О.В. Анализ и оптимизация способов лова кильки рыбонасосными установками с дополнительными источниками света / О.В. Григорьев, А.М. Лихтер, В.Н. Мельников // Материалы Международной конференции, посвященной памяти профессора Войниканис-Мирского. – Астрахань: Изд-во АГТУ, 2002.
6. Григорьев, О.В. Оптимизация световых полей источников света при лове каспийской кильки / О.В. Григорьев // Наука: поиск – 2003: сборник научных статей. – Астрахань: Изд-во АГТУ, 2003.
7. Данилевский, Н.И. Опыт лова пелагическими тралом в Черном море. Применение электрического света / Н.И. Данилевский // Рыбное хозяйство. – 1952. – № 2. – С. 15–18.
8. Кожемякин, В.И. Лов сайры с помощью надводных источников электросвета / В.И. Кожемякин // Рыбное хозяйство. – 1974. – № 2. – С. 58–59.
9. Лихтер, А.М. Общие особенности действия физических полей на рыбу / А.М. Лихтер, А.В. Мельников // Естественные науки. – 2003. – № 6. – С. 187–189.

10. Мельников, А.В. Биофизические процессы в системах управления лова рыбы / А.В. Мельников, А.М. Лихтер // Вестник АГТУ. Сер.: Рыбное хозяйство. Экология. – 2004. – С. 36–38.
11. Мельников, А.В. Новые конструкции и способы лова подхватами / А.В. Мельников, В.Н. Мельников, О.В. Григорьев // Обзорная информация ВНИЭРХа. Сер.: Промышленное рыболовство, 2002. – С. 23–29.
12. Мельников, В.Н. Биотехнические основы промышленного рыболовства / В.Н. Мельников. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 216 с.
13. Мельников, В.Н. Биотехническое обоснование показателей орудий и способов промышленного рыболовства / В.Н. Мельников. – М.: Пищевая промышленность, 1979. – 328 с.
14. Мельников, В.Н. К определению зоны действия источника подводного освещения при лове рыбы / В. Н. Мельников // Труды КТИРПХа. – Калининград, 1969. – Вып. 21. – С. 251–262.
15. Мельников, В.Н. Некоторые элементы методики расчета подводных и надводных световых устройств / В.Н. Мельников // Труды ВНИРО. – 1973. – С. 56–67.
16. Мельников, В.Н. Об эффективности действия света на глаз рыб / В. Н. Мельников // Вопросы ихтиологии. – 1967. – Вып. 1. – С. 149–155.
17. Мельников, В.Н. Определение оптимального спектрального состава излучения подводных источников для лова рыбы / В. Н. Мельников // ОНТИ ВНИРО. – 1968. – № 3. – С. 80–86.
18. Мельников, В.Н. Определение расстояния, с которого рыба обнаруживает источник подводного освещения / В.Н. Мельников // ОНТИ ВНИРО. – 1966. – № 4. – С. 91–96.
19. Мельников, В.Н. Основы управления объектом лова / В.Н. Мельников. – М.: Пищевая промышленность, 1975. – 282 с.

20. Мельников, В.Н. Перспективные способы лова каспийской кильки / В.Н. Мельников, А.В. Мельников, О.В. Григорьев // Рыбное хозяйство. – 2002. – № 6. – С. 42–45.

21. Мельников, В.Н. Повышение эффективности лова рыбонасосными установками / В.Н. Мельников, А.В. Мельников // Обзорная информация ВНИЭРХа. – 2000. – № 1. – 60 с.

22. Мельников, В.Н. Рыбохозяйственная кибернетика / В.Н. Мельников, А.В. Мельников. – Астрахань: Изд-во АГТУ, 1997. – 234 с.

23. Мельников, В.Н. Совершенствование лова разноглубинными тралами / В.Н. Мельников, А.В. Мельников // Обзорная информация ВНИЭРХа. Сер.: Промышленное рыболовство. – М., 2001. – Вып. 1. – 51 с.

24. Мельников, В.Н. Устройство орудий лова и технология добычи рыбы / В. Н. Мельников. – М.: Агропромиздат, 1991. – 384 с.

25. Мельников, В.Н. Характер и степень влияния различных факторов на зону действия источников надводного освещения / В. Н. Мельников, Ле Динь Ха // Рыбное хозяйство. – 1971. – № 4. – С. 58–61.

26. Никоноров, И.В. Выбор режима освещения при лове рыбы на свет / И.В. Никоноров // Рыбное хозяйство. – 1965. – № 2. – С. 28–30.

27. Никоноров, И.В. Лов рыбы на свет / И.В. Никоноров. – М.: Рыбное хозяйство, 1963. – 165 с.

28. Полутов, А.И. К исследованию подводных световых полей искусственных источников, применяемых на промысле тихоокеанского кальмара / А.И. Полутов, В.А. Терских // Научно-практическая конференция по проблемам мореплавания, изучения Тихого океана и использования его ресурсов. – 1972. – Вып. 3. – С. 72–83.

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

30. Решетняк, В.В. Расчет зоны действия источников подводного освещения на рыбу / В.В. Решетняк // Рыбное хозяйство. – 1970. – № 8. – С. 46–49.
31. Сидельников, И.И. Добыча тихоокеанских рыб и кальмаров на свет / И.И. Сидельников. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 210 с.
32. Сидельников, И.И. Конструкции орудий лова рыбы на свет / И.И. Сидельников // Рыбное хозяйство. – 1974. – № 7. – С. 55–56.
33. Эшби, У.Р. Введение в кибернетику / У. Р. Эшби. – М.: ИЛ, 1959. – 185 с.
34. Duntley, S. Ligth in sea / S. Duntley // JOSA. – 1963. – V. 53, № 2. – P. 1–89.
35. Duntley, S. The Visibility of Distant Objects / S. Duntley // JOSA. – 1948. – V. 38.
36. Jerlov, N. A. Optical Oceanography / N. A. Jerlov // Oceanogr. Varine Blol. Fnnual. Rev. – 1963. – № 1. – P. 1–36.

Контрольные вопросы

1. Какие типы скоплений рыбы можно облавливать кошельковыми неводами?
2. Какие схемы и системы работы кошельковыми неводами получили наибольшее распространение?
3. Какие недостатки свойственны современным методам проектирования кошельковых неводов?
4. На каких этапах лова необходимо рассматривать поведение рыбы при обосновании параметров кошельковых неводов?
5. Какие виды скоплений рыбы различают при лове кошельковыми неводами, и какими показателями эти скопления характеризуются?
6. Для каких целей используют различные физические поля при кошельковом лове?
7. Как действуют на рыбу акустические поля и поля избыточных давлений судна?
8. Как ведет себя рыба на различных этапах кошелькового лова?
9. Для чего применяют световые поля при лове кошельковыми неводами?
10. Какие варианты размещения источников света используют при лове кошельковыми неводами?
11. Для чего используют световые заградители при кошельковом лове?
12. Как можно использовать акустические поля и поля растворенных и взвешенных веществ при кошельковом лове?
13. На каком этапе кошелькового лова и каким образом проявляется биофизическая селективность, связанная с действием на рыбу светового поля?
14. На чем базируется биомеханическая селективность при лове кошельковыми неводами?
15. Какие виды селективности действуют на этапе замата кошелькового невода?

16. С чем связаны проявления механической селективности при лове кошельковыми неводами?
17. Из чего необходимо исходить при определении оптимального размера ячеи в различных частях кошелькового невода?
18. Какие концепции построения математических моделей кошелькового лова используют в случаях лова с применением света и без него?
19. На какие этапы разбивают процесс лова кошельковыми неводами при построении математической модели?
20. Какие факторы влияют на вероятность успешной концентрации рыбы светом на первом этапе лова?
21. Как ведет себя рыба на втором этапе лова кошельковым неводом?
22. Какие факторы влияют на вероятность такого поведения скопления рыбы на втором этапе лова, при котором его облов остается возможным?
23. От каких факторов зависит вероятность удержания рыбы в зоне облова на третьем этапе лова?
24. Какие предпосылки используются при определении вероятности ухода рыбы под нижнюю подбору невода?
25. От каких факторов зависит вероятность ухода рыбы через ворота кошелькового невода?
26. Запишите выражение для общей вероятности успешного облова косяка с учетом вероятности ухода рыбы на различных этапах лова.
27. От чего зависит средний улов кошельковым неводом за цикл лова?
28. Какие выводы позволяет сделать анализ графиков и выражений для определения вероятности успешного облова рыбы кошельковыми неводами?
29. Какие предпосылки положены в основу обоснования длины кошельковых неводов с применением подводных источников света?
30. Запишите и раскройте выражение для определения длины кошелькового невода.

31. Какие варианты расчета возможны для случая, когда источники света располагаются на достаточно большом расстоянии друг от друга?
32. Какие предпосылки положены в основу обоснования длины кошелькового невода при лове с применением надводных источников света
33. Какие предпосылки положены в основу обоснования длины кошелькового невода, когда необходимо учитывать снос рыбы течением или активное перемещение скопления?
34. Какие предпосылки положены в основу обоснования длины кошелькового невода при замете с расстоянием судна от косяка не меньше заданного?
35. Какие предпосылки положены в основу обоснования длины кошелькового невода при лове с применением света скоплений рыбы с небольшой скоростью?
36. Какое влияние на расчетную длину невода и успешность лова оказывают параметры замета?
37. Что нужно учитывать при определении оптимальной высоты кошелькового невода в случае лова рыбы с применением источников искусственного освещения?
38. Как определяют высоту невода в случае применения подводных источников света?
39. Как определяют высоту невода в случае применения надводных источников света?
40. Как определяют высоту невода с учетом одновременного действия световых полей подводных и надводных источников?
41. Какие особенности кошельковых неводов необходимо учитывать при обосновании параметров сетного полотна?
42. Что нужно учитывать при определении размера ячеи в сливе кошельковых неводов?
43. Как определить размер ячеи в сливе при облове многовидовых скоплений?
44. Как определить размер ячеи в подсливе кошельковых неводов?

45. Как определить размер ячеек в крыльях кошельковых неводов?
46. Как учитывают видимость стены кошелькового невода при его проектировании?
47. С каких позиций нужно подходить к вопросам окрашивания сетного полотна кошельковых неводов?
48. Как определяют диаметр нитей сетного полотна в различных частях кошельковых неводов?
49. Как определяют посадочный коэффициент сетного полотна в различных частях кошельковых неводов?
50. Как определяют загрузку кошелькового невода при ловле с применением света?