

РАЗДЕЛ I

**ВОПРОСЫ ТЕОРИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА
ОРУДИЙ АКТИВНОГО МОРСКОГО РЫБОЛОВСТВА****ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ
ПРИ ЛОВЕ СЕЛЬДИ РАЗНОГЛУБИННЫМ ТРАЛОМ***Инж. В. Г. АЖАЖА*

Работа написана на основании материалов, полученных при использовании гидроакустических приборов во время промысла атлантической сельди траулерами типа «Пушкин». Многие положения, разбираемые ниже, могут быть применены на промысле других пелагических рыб.

РАСЧЕТ ШАГА ПОИСКА ГИДРОЛОКАТОРА

Основным гидроакустическим поисковым прибором является гидролокатор, позволяющий обнаруживать рыбу в стороне от судна. Индикаторные приборы гидролокатора дают пеленг на обнаруженный объект и расстояние до него. Поисковое судно, снабженное гидролокатором, имеет неоспоримое преимущество перед судами, снабженными только эхолотом. Опыт показал, что в осенне-зимний период в районе западной кромки Восточно-Исландского течения промысловые концентрации сельди обнаруживались гидролокатором в среднем с дистанции 2000 м. Приняв эту дальность обнаружения за оптимальную, можно подсчитать, что при скорости хода судна 12 узлов¹ (поисковая скорость судов типа «Пушкин») и определенных гидрологических условиях с помощью гидролокатора за 1 час можно обследовать водное пространство площадью 84,5 км² с глубинами в пределах от 0 до 400 м (точные пределы глубины указать невозможно, так как они зависят от траектории ультразвуковых лучей, определяемой конкретными гидрологическими условиями).

Приняв (приблизительно) угол при вершине конуса, определяющий зону действия эхолота, равным 30°, можно также подсчитать, что на глубине 150 м за 1 час хода судна при той же скорости эхолотом можно обследовать площадь в 1,8 км² (на глубине 75 м эта площадь будет равна 0,9 км²).

Таким образом, судно, имеющее гидролокатор, за 1 час обследует площадь в первом случае в 47 раз, а во втором в 94 раза большую, чем судно с эхолотом, т. е. преимущества гидролокатора как поискового прибора очевидны.

Однако точные данные о размерах косяка и глубине его нахождения можно получить только с помощью эхолота. Поэтому наиболее

¹ Поиск гидролокатором при скорости 12 узлов возможен в штилевую погоду. Уже при небольшом волнении при работе в носовых секторах появляются помехи, мешающие распознавать полезный эхосигнал.

рациональным является одновременное использование обоих гидроакустических приборов.

Гидролокатор следует использовать в режиме шагового поиска: при этом поворот вибратора в секторе наблюдения производят не плавно, а через строго определенные углы («шагами»). После излучения вибратором ультразвукового сигнала вахтенный гидроакустик ожидает возвращения эха, а затем быстро устанавливает вибратор на очередное направление (следующий «шаг»); после этого вновь посылаются ультразвуковой импульс.

На рис. 1 изображена схема, по которой производился горизонтальный поиск гидролокатором «Лодар».

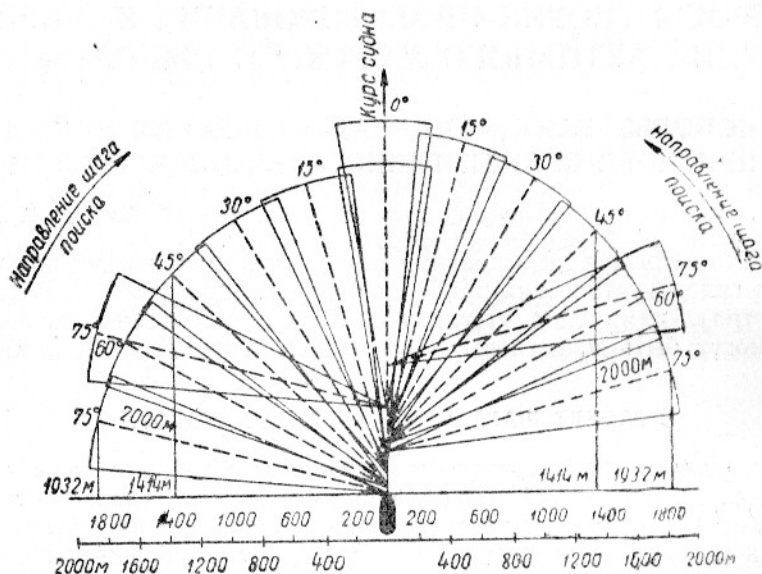


Рис. 1. Схема горизонтального поиска гидролокатором «Лодар» ($v=12$ узлов, или 6 м/сек; $\alpha=15^\circ$; промежуток времени между импульсами $t=6,06$ сек.; время, за которое совершается один поисковый цикл, $T=97$ сек.; путь, проходимый судном за время T сек. $St=580$ м)

Шаг поиска в каждом отдельном случае зависит от минимальных размеров косяка промыслового значения, дистанции обнаружения такого косяка и в некоторых случаях может зависеть от промежутка времени между излучением очередных ультразвуковых посылок (последнее необходимо учитывать в гидролокаторах, где промежуток времени может устанавливаться произвольно).

Выбранный шаг поиска α должен обеспечивать обнаружение косяка диаметром d на дистанции D (рис. 2).

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{d}{2D}, \quad (1)$$

где: α — угловая величина шага поиска;

D — дистанция обнаружения косяка, имеющего промысловое значение;

d — диаметр косяка, форму которого принимаем за сферическую.

Как видно из рис. 2, α — угол между осями симметрии соседних пучков ультразвуковых лучей, φ — горизонтальный угол пучка ультразвуковых лучей.

При выводе формулы (1) мы считали, что D — предельная дистанция обнаружения косяка данного размера, на которой такой косяк может обнаруживаться только центральной частью лучка ультразвуковых лучей.

В формуле не учтены такие величины, как глубина нахождения косяка, высота косяка и траектория ультразвуковых лучей гидролокатора. В промышленных условиях эти величины заранее определить невозможно.

Однако даже в приведенном выше виде формула (1) позволяет рассчитать шаг поиска и применить его на практике. Несомненно, что при работе в районе, где встречаются сравнительно небольшие по размеру косяки, шаг поиска будет равен всего нескольким градусам. При поиске крупных косяков и скоплений величина шага поиска может превысить 10° .

В качестве примера можно привести расчет шага поиска, применявшийся на траулере «Северное сияние» в 1956 г.

По опыту 100 тралений минимальный размер (диаметр) косяка промыслового значения был определен в 550 м. Максимальная дистанция обнаружения косяка была принята 2000 м.

Тогда

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{550}{2 \cdot 2000} = 0,1375,$$

откуда

$$\frac{\alpha}{2} = 7^\circ 48'; \quad \alpha = 15^\circ 36';$$

окончательно приняли $\alpha = 15^\circ$.

Понятие «скопление (косяк), имеющее промысловое значение», зависит от условий промысла и определяется всякий раз для конкретной обстановки. В разобранный выше примере наименование «имеющее промысловое значение» присваивалось скоплению, облов которого принесли не менее 1000 кг за одно траление разноглубинным тралом.

Дистанция обнаружения косяка может изменяться в зависимости от размеров рыбы, стадии ее зрелости [4], размеров косяка, имеющего промысловое значение, и, наконец, от условий погоды, температурных и гидрологических условий [3]. Обычно для расчета шага поиска берется дистанция обнаружения косяка гидролокатором на слух, полученная в результате нескольких замеров.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПРОТЯЖЕННОСТИ КОСЯКА НА ЭХОГРАММЕ

Горизонтальный масштаб записи на эхограмме является величиной переменной и зависит от скорости движения эхолотирующего судна и скорости движения бумаги в самописце эхолота. Из-за этого получение истинной горизонтальной протяженности (длины) изображенного на эхограмме скопления (косяка) или участка дна является сравнительно трудоемким делом и не всегда обеспечивает необходимую точность. Однако промысловая обстановка часто требует немедленного расшифрования эхограммы и быстрого получения длины записанного подводного объекта. Для этого можно рекомендовать следующие формулы.

$$L_s = Tv, \quad (2)$$

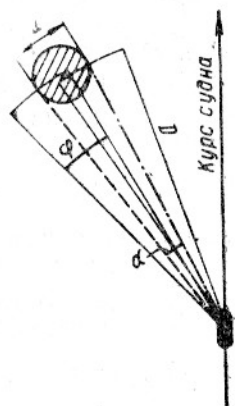


Рис. 2. Расположение соседних пучков ультразвуковых лучей при шаговом поиске

где: L_3 — длина изображенного на эхограмме косяка;
 T — время прохождения судна над косяком;
 v — скорость судна.

$$T = n l, \quad (3)$$

где: n — промежуток времени, в течение которого лента самописца передвигается на 1 мм;
 l — длина эхозаписи косяка в мм.

$$n = \frac{t}{m}, \quad (4)$$

где: t — время в сек. между нанесением отметок горизонтального масштаба на эхограмме;
 m — расстояние в мм между соседними отметками горизонтального масштаба.

Выражая скорость судна в м/сек, окончательно получим

$$L_3 = 0,51 \frac{t}{m} v. \quad (5)$$

Округлив 0,51 до 0,5 и обозначив $0,5 \frac{t}{m}$ через a , получим

$$L_3 = a l v, \quad (6)$$

где a — коэффициент, учитывающий скорость движения ленты эхолота, а также перевод скорости судна из узлов в м/сек.

По формуле (6) и следует определять горизонтальную протяженность косяка, изображенного на эхограмме. Величина $a = 0,5 \frac{t}{m}$ для каждого типа эхолота и диапазона его работы является постоянной и должна быть вычислена заранее. Тогда для получения длины скопления (косяка) надо измерить длину изображения косяка на эхограмме (в мм) и произвести расчет по формуле (6).

Пример. На ленте самописца эхолота НЭЛ-5р, работавшего на 500-метровом диапазоне (скорость движения бумаги 5 мм/мин), запись косяка заняла по длине 8 мм. Ход судна 10 узлов. Определить горизонтальную протяженность косяка.

$$a = 0,5 \frac{t}{m} = 0,5 \frac{60}{5} = 6.$$

По формуле (6) горизонтальная протяженность косяка $L_3 = a l v = 6 \cdot 8 \cdot 10 = 480$ м.

Там, где лентопротяжный механизм переделывался после установки эхолота на судне, скорость движения ленты самописца необходимо замерить при помощи секундомера.

Еще быстрее можно получить длину косяка по заранее рассчитанному графику (рис. 3).

В самописцах импортных эхолотов фирмы ЭЛАК, а именно: в самописце LAZ-6 («Сениор») и LAZ-17 («Супериор») и др. скорость движения бумаги может изменяться в широких пределах по желанию оператора. Единственным ориентиром для определения длины косяка служат масштабные отметки, наносимые через 5 мин. в нижней части ленты.

Формула (6) для этого случая примет вид

$$L_3 = a l v \frac{1}{M}. \quad (7)$$

где M — расстояние в мм между соседними отметками времени, зависящее от скорости движения бумаги.

Коэффициент a в формуле (7) равен 154,4, а выражение

$$av = S_5, \quad (8)$$

где S_5 — расстояние, проходимое за 5 мин. судном, идущим со скоростью v .

Окончательно

$$L_3 = S_5 \frac{l}{M}, \quad (9)$$

где l — длина эхозаписи в мм.

Таким образом, длину косяка по эхограмме следует рассчитывать по формуле (9).

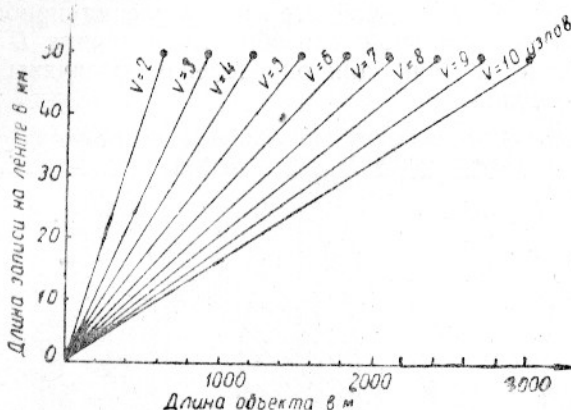


Рис. 3. График для определения длины косяка по эхограмме (эхолот НЭЛ-5р, 500-метровый диапазон)

Для облегчения работы целесообразно иметь заранее вычисленные значения S_5 .

v узлов	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
S_5 м	300	450	600	750	900	1050	1200	1350	1500	1650	1800	1950	2100	2250

Рекомендуя формулы, следует заметить, что они позволяют быстро перейти от эхозаписи в каком-то масштабе к действительным линейным размерам косяка. Однако в силу специфичности конструкций современных эхолотов, излучающих звуковую энергию в сравнительно широком пространстве под судном, длина изображаемых объектов всегда будет увеличена на величину D , т. е. на величину диаметра зоны записи данного объекта эхолотом на глубине, где этот объект находится.

Величину D рассчитывают по формуле

$$D = 2\sqrt{H_1^2 - H^2},$$

где: D — диаметр активной части зоны действия эхолота;

H — глубина верхнего края серповидной записи;

H_1 — глубина нижнего края серповидной записи.

Методика расчета величины D была описана нами ранее [1]. Величина D может достигать больших значений.

Для примера можно привести рис. 4, на котором изображены зоны записи одиночной трески на глубинах от 100 до 300 м тремя эхолотами:

самописцем вертикального тракта гидролокатора «Лодар», самописцем «Сениор» эхолота фирмы ЭЛАК и самописцем эхолота «Дуатип-651» фирмы Атлас-Верке. Перечисленные эхолоты установлены на больших рефрижераторных траулерах типа «Пушкин». Как видно из рис. 4, наиболее широкой зоной и, следовательно, наибольшей величиной D обладает эхолот фирмы ЭЛАК, снабженный самописцем «Сениор».

Истинная длина косяка будет определяться по формуле

$$L_u = L_s - D, \quad (10)$$

где: L_u — истинная длина косяка;

L_s — длина косяка, полученная по эхограмме;

D — диаметр зоны записи данного объекта эхолотом на глубине нахождения объекта.

В зависимости от введенной степени усиления прибора, глубины объекта и его отражательной способности величина D будет изменяться. Наилучшие условия для определения величины D создаются при малом ходе судна.

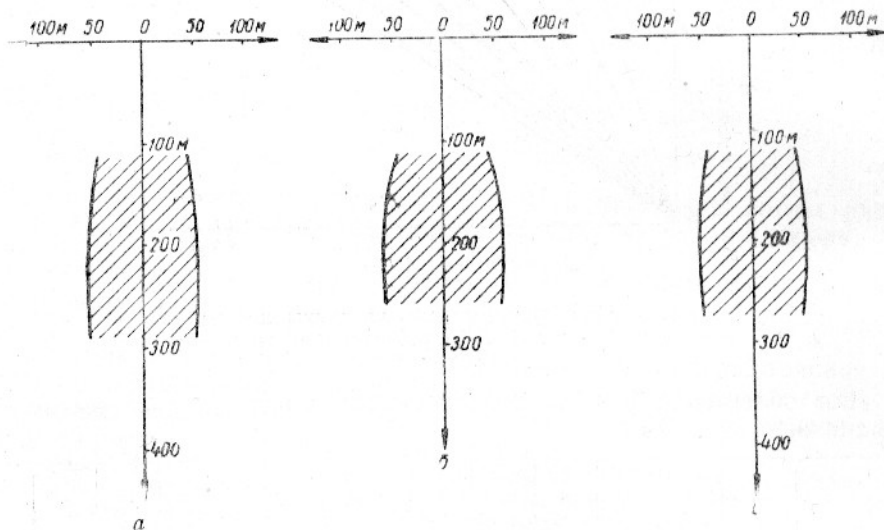


Рис. 4. Зона записи одиночной трески:

а — самописцем вертикального тракта гидролокатора «Лодар»; б — самописцем «Сениор» эхолота фирмы ЭЛАК; в — самописцем эхолота «Дуатип-651» фирмы Атлас-Верке

Там, где величина D не определена, вместо нее можно использовать величину, приблизительно равную $1/3$ глубины нахождения косяка, что значительно уменьшит ошибку в определяемой длине, т. е.

$$L_u \approx L_s - \frac{H}{3}, \quad (11)$$

где H — глубина нахождения косяка по эхограмме.

На основании вышеизложенного можно говорить об условии раздельной записи двух подводных объектов. Два расположенных на одной горизонтали подводных объекта запишутся на эхограмме раздельно, если будет соблюдено условие

$$r_z > D, \quad (12)$$

где r_z — горизонтальное расстояние между объектами.

Два расположенных на одной вертикали подводных объекта на эхограмме запишутся раздельно, если будет соблюдено условие

$$r_s > \Delta\tau, \quad (13)$$

где: r_a — вертикальное расстояние между объектами;

$\Delta\tau$ — разрешающая способность прибора по вертикали, определяемая величиной длительности посылочного импульса.

Неравенство (13) выражает также и условие раздельной записи двух объектов, расположенных на любых направлениях в случае отсутствия взаимного передвижения эхолотирующего судна и подводных объектов (судно на якорю и т. д.).

Тогда, если D_1 — расстояние между вибраторами эхолота и первым объектом, D_2 — расстояние между вибраторами эхолота и вторым объектом, выражение (13) примет вид

$$D_1 - D_2 > \Delta\tau. \quad (14)$$

Запись косяка рыбы на эхограмме обычно проявляется в виде единой сплошной массы, что создает впечатление чрезвычайной моно-

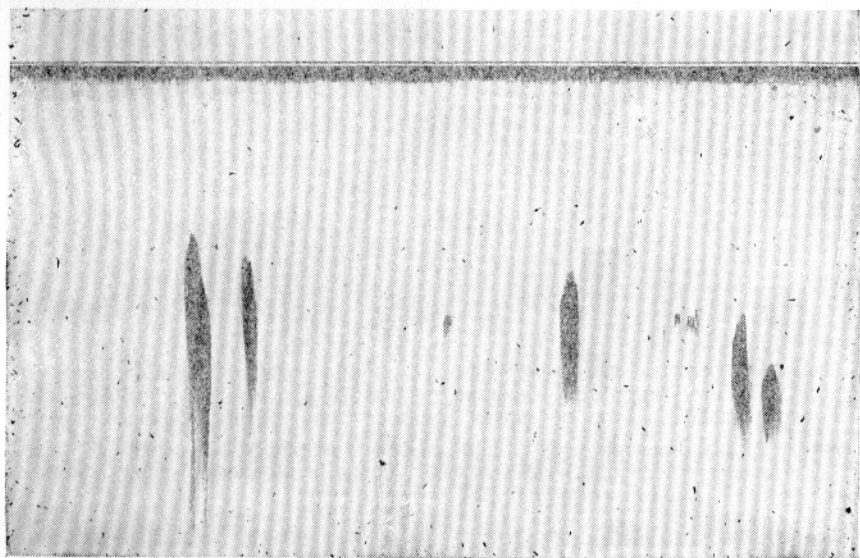


Рис. 5. Эхозапись скопления сельди, при облове которого был получен «отличный» улов (самописец «Сениор», шкала 750 м; скорость судна 10 узлов)

литности косяка. Это происходит из-за того, что в большинстве случаев отдельные особи в косяке находятся друг к другу ближе и по горизонтали, и по вертикали, чем это предусматривается условиями раздельной записи (12) и (13).

Для того чтобы реально представить, насколько близко отдельные сельди расположены друг к другу, мы произвели описываемый ниже анализ.

По итогам тралений, произведенных траулером «Северное сияние» осенью 1956 г. в Северной Атлантике, был произведен ориентировочный подсчет весового количества сельди, приходящегося на 1 м^3 морской воды.

При подсчете использовались следующие величины: вертикальное и горизонтальное раскрытие разноглубинного трала, длина облавливаемого косяка, улов за траление. При этом считалось, что облавливается почти вся сельдь, встречающаяся на пути трала, и что трал фильтрует полностью всю воду, встречающуюся на пути устья трала. Не учитывалось изменение величины раскрытия трала в процессе наполнения его рыбой. Не учитывался также уход сельди от трала, так как, несмотря

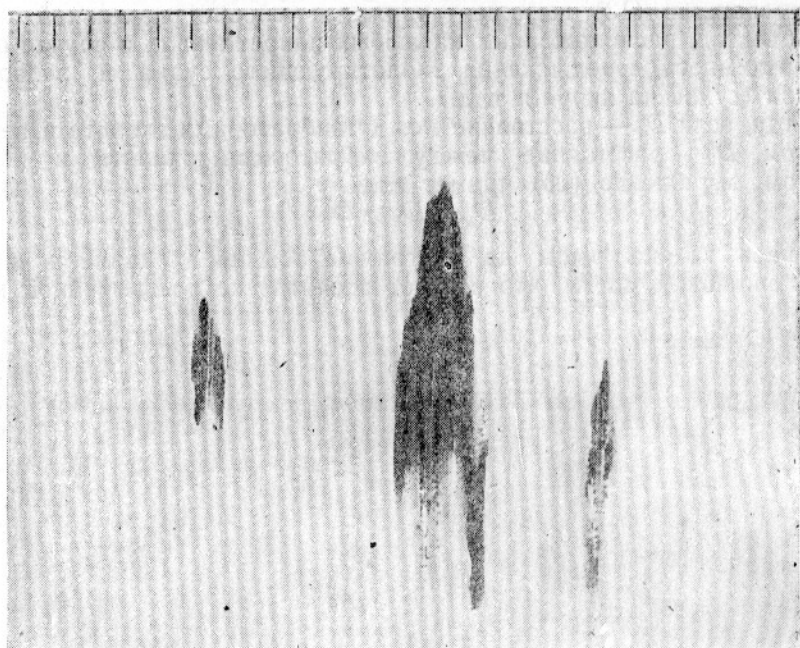


Рис. 6. Эхозапись скопления сельди, при облове которого был получен хороший улов (самописец «Сениор», шкала 375 м; скорость судна 4 узла). Горизонтальной чертой обозначен горизонт хода разноглубинного трала

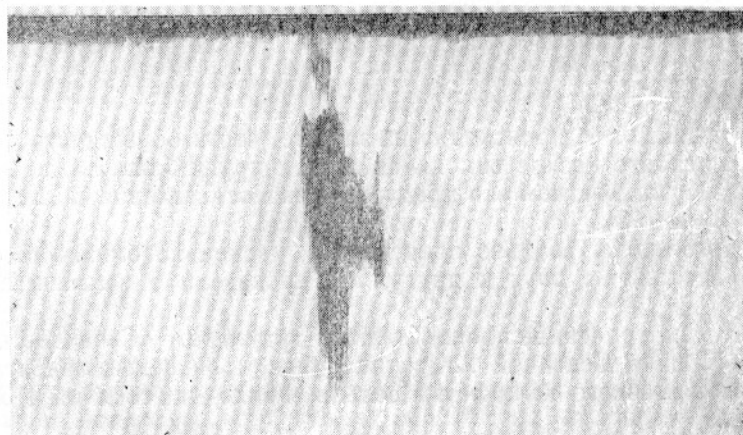


Рис. 7. Эхозапись скопления сельди, при облове которого был получен посредственный улов (самописец «Сениор», шкала 375 м; скорость судна 3,6 узла)

на чрезвычайно статичное поведение, конечно, не вся сельдь попадала в трал. Результаты подсчета приведены ниже.

Оценка улова	Улов в кг за одно траление	Плотность косяка сельди в г/м ³
Отличный	10 000—50 000	50—250
Хороший	5 000—10 000	10—50
Средний	1 000—5 000	5—10
Плохой	100—1 000	2—5

Приведенные данные, которые нельзя считать окончательными¹, показывают, что даже при отличном улове (по принятой на траулере «Северное сияние» классификации) концентрация сельди в скоплении такова, что на 1 м³ облавливаемого водного пространства приходится менее 1 экз. сельди (средний вес сельди за 250 тралений 311 г)².

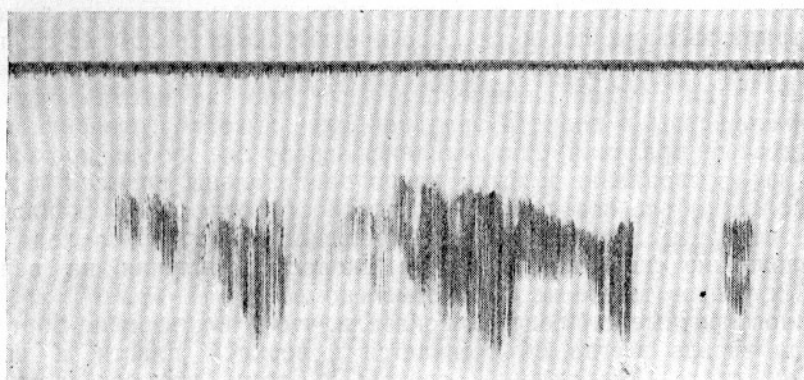


Рис. 8. Эхозапись скопления сельди, при облове которого был получен плохой улов (самописец «Сениор», шкала 375 м; скорость судна 4 узла)

Таким образом, даже плотный косяк, дающий значительный улов и изображающийся на эхограмме как густая черная масса, в действительности представляет собой совокупность особей, расположенных не вплотную друг к другу, а на расстоянии, определяемом метрами. В этом смысле косяк удобно отождествить с пространственной решеткой.

На рис. 5 показана эхозапись скопления сельди, давшего отличный улов. На рис. 6, 7 и 8 показана эхозапись скоплений, которые дали хороший, посредственный и плохой уловы.

Однако возможность получения того или иного улова зависит не только от вида скопления на эхограмме, но и от поведения рыбы.

НАБЛЮДЕНИЕ ПРИ ПОМОЩИ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ ЗА ПОВЕДЕНИЕМ АТЛАНТИЧЕСКОЙ СЕЛЬДИ В ОСЕННЕ-ЗИМНИЙ ПЕРИОД

Первый период работы траулеров «Северное сияние» и «Витебск», характеризовавшийся определенным поведением сельди и стабильно высокими уловами, длился с 15 ноября 1956 г. по 10 января 1957 г.

В светлое время суток (с 8—9 до 17—18 час.) сельдь держалась на глубине 200—300 и даже 400 м отдельными скоплениями, которые

¹ Некоторые исследователи, в частности англичанин Кушинг, получили другие данные о концентрации сельди на единицу объема воды в условиях, отличавшихся от наших.

² По данным проф. Б. П. Мантейфеля, подсчитавшего концентрацию летней атлантической сельди в косяках, обловленных кошельковым неводом, на 1 м³ приходится 60—170 г сельди.

на эхограмме имели плавные, округлые края. Длина скоплений колебалась от 500 до 2500 м (в среднем 1500 м), высота — от 60 до 180 м.

Ввиду особенностей конструкции эхолотов, установленных на рефрижераторных траулерах типа «Пушкин», нижняя кромка изображения на эхограмме (при работе с большим усилением) может быть вытянута в вертикальном направлении (так называемая затяжка эхосигнала). Так изобразилось «дневное» скопление на эхограмме, показанной на рис. 5. Это обстоятельство иногда приводило к ошибочным суждениям о положении нижней границы скопления сельди.

При облове скоплений наибольшие уловы, исчисляемые иногда десятками тонн, были в том случае, когда ориентировались на облов верхней половины скопления. Обычно горизонт хода разноглубинного трала выбирали с таким расчетом, чтобы верхняя подбора трала шла ниже верхней кромки скопления на величину, равную $\frac{1}{3}$ высоты скопления по эхограмме. Задание такого сравнительно высокого горизонта хода трала вызвано еще и тем, что при выходе с тралом на скопление может измениться глубина нахождения рыбы, а потравить ваеры и опустить трал глубже значительно легче, чем во время хода судна подобрать ваеры и поднять трал на более высокий горизонт.

Дневные траления заканчивались сразу же после прохождения трала через скопление и были непропорциональны времени траления. Это можно объяснить различием плотности отдельных скоплений, а также неполным соответствием направления и горизонта хода трала расположению скопления. Влияния скорости траления на величину дневных уловов также не было отмечено.

Многочисленные наблюдения показали, что в поднятом на борт трале дневная сельдь всегда обьячевается в верхней части и верхних крыльях трала. Мы склонны считать поэтому, что сельдь, находящаяся на глубине в условиях полной темноты, вследствие испуга совершает бросок вверх.

С наступлением сумерек (в 17—18 час.) сельдь начинала подниматься вверх. Отдельные компактные скопления теряли свою форму и растекались. После вечерних сумерек сельдь держалась на глубине 50—180 м протяженными скоплениями с неоднородной структурой. Изображение такого скопления на эхограмме характерно неформленными, нерезкими краями, просветами (см. рис. 8). Средняя длина скоплений составляла 2500 м, но встречались скопления длиной до 6000 м. При облове таких скоплений улов был гораздо меньше, чем при облове дневных скоплений. Средний улов составлял 1—2 т за один подъем трала. Уловы были пропорциональны времени и скорости траления.

Обьячевание рыбы в крыльях и в устье трала было незначительным. Видимо, у рыбы, поднявшейся вверх, защитная реакция была выражена сильнее, и рыба успевала уходить от трала.

Эхолотные наблюдения с научно-исследовательского судна «Академик Берг», шедшего в кильватер траулера, показали, что после прохода траулера сельдь, находившаяся на глубине 50—70 м, опускалась на 10—12 м ниже зафиксированного траулером уровня.

Попытки получить эхограмму распределения рыбы в зоне действия разноглубинного трала окончились неудачно, так как на фоне эхозаписи сельди различить запись трала было невозможно.

При помощи звукового тракта гидролокатора «Лодар», работавшего в режиме эхопеленгования, неоднократно прослушивался шум косяка сельди, находившегося под судном на глубине 30—40 м. Одновременно работал судовой эхолот с самописцем «Сениор». Шум косяка в динамике гидролокатора и запись на ленте эхолота начинались и прекращались одновременно. Принятый гидролокатором, усиленный и преобразованный шум воспринимался как резкий шорох, всплески и сопение. Сейчас трудно говорить, были ли это шумы гидродинамиче-

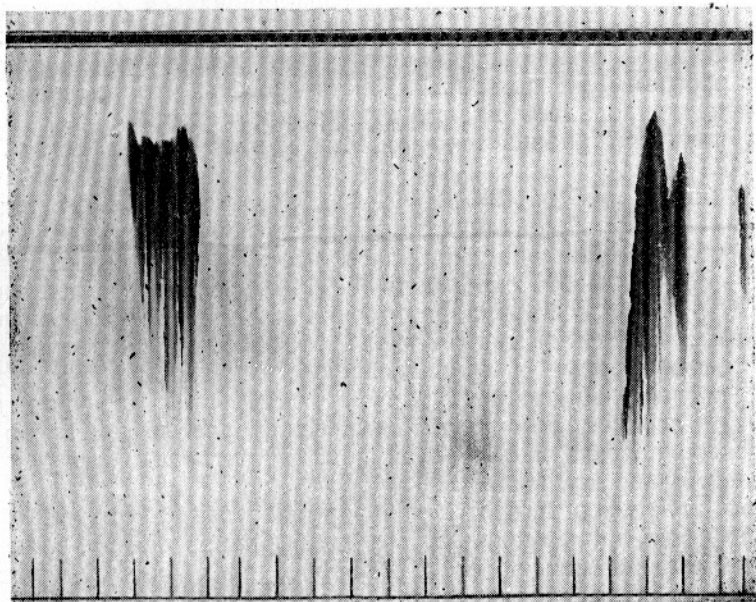


Рис. 9. Эхограмма с записью косяков сельди в светлое время суток. Рыба перестала опускаться. Наряду с протяженными по длине косяками встречаются и небольшие косяки (см. крайний справа). Шкала: 0—375 м

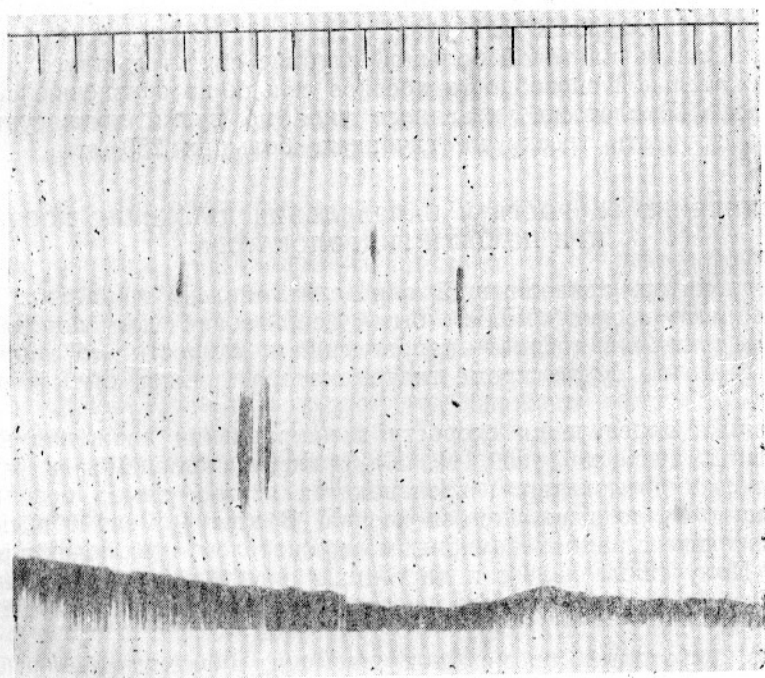


Рис. 10. Эхозапись сельди на глубине 400—550 м 22 января 1957 г. (самописец «Сениор», шкала 750 м; скорость судна 3 узла)

ского или какого-либо другого происхождения. Можно только отметить, что они воспринимались вибратором, настроенным на резонансную частоту 20 кГц, и поэтому могут классифицироваться как ультразвук.

Сопоставление гидрологических наблюдений, проведенных работавшим в этом же районе научно-исследовательским судном «Академик Берг», с эхограммами позволяет констатировать, что «ночная» сельдь часто концентрировалась в зоне скачка плотности.

Биологический анализ показал, что в этот период сельдь имела пустые желудки.

С 10 по 31 января 1957 г. (в квадратах 97х и 97ф) поведение сельди изменилось. Рыба перестала опускаться с наступлением светлого времени, а стабильно держалась высокими скоплениями на глубинах 50—275 м; высота скоплений 80—140 м. Наряду со скоплениями длиной 2000—3000 м встречались косяки длиной 200—300 м (рис. 9).

Замечено, что сельдь движется на восток в районы нерестилищ, хотя в косяках встречаются и неполовозрелые особи. Скорость движения крупных косяков значительно уступает скорости движения мелких косяков. Это неоднократно подтверждалось скоростью изменения гидроакустического пеленга и быстротой потери контакта. Движущиеся косяки сравнительно компактны.

Уловы траулеров в этот период резко упали. Каждое траление приносило всего лишь несколько сот килограммов сельди. Максимальные уловы наблюдались в период утренних и вечерних сумерек, когда движение косяков приостанавливалось. В основном удавалось облавливать только косяки с большой горизонтальной протяженностью. Уловы в этих случаях были пропорциональны времени траления.

22 января 1957 г. при скорости судна 9,5 узлов самописцем «Сениор» был четко записан косяк сельди на глубине 400—550 м (рис. 10). О том, что это была именно сельдь, мы судим, во-первых, по характерному виду эхозаписи и, во-вторых, по результатам спуска трала на глубину 420 м. Улов был незначительный, но он состоял только из сельди. Запись на такой большой глубине свидетельствует о большой отражательной способности косяков сельди по сравнению с косяками трески. Эхолотами указанного типа во время хода судна не удавалось записать треску на глубинах, больших 250 м.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ И НАПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ КОСЯКА ПРИ ПОМОЩИ ГИДРОЛОКАТОРА

Гидролокатор, позволяющий определять пеленг и расстояние до обнаруженного косяка, может быть использован для определения элементов движения косяка — направления и скорости его движения.

Для этого на судне, кроме гидролокатора, должен быть и радиолокатор.

Методика определения скорости и направления движения косяка состоит в следующем (рис. 11). На судне, находящемся в дрейфе, в момент t_1 гидролокатором производится первый замер пеленга P_1 и дистанции D_1 до движущегося косяка. В этот момент сбрасывают буй, желательнее с радиолокационным отражателем, и включают радиолокатор. Полученные пеленг и дистанцию прокладывают на планшете и получают точку K_1 первоначального положения косяка относительно судна.

Через некоторый промежуток времени, в момент t_2 , замеряют второй пеленг P_2 и дистанцию D_2 ; одновременно радиолокатором замеряют пеленг и дистанцию до сброшенного буя.

Нужно помнить, что движущийся косяк может уйти из зоны действия гидролокатора, и поэтому медлить со вторым замером не следует.

Радиолокационные пеленг и дистанцию прокладывают из точки первоначального местонахождения судна и получают на планшете новую точку, обозначающую местоположение судна в момент t_2 . Из этой точки прокладывают гидроакустические пеленг P_2 и дистанцию D_2 и получают точку K_2 положения косяка в момент t_2 . Соединяя точки K_1 и K_2 , получают путь, пройденный косяком за промежуток времени $t_2 - t_1$.

Скорость движения косяка v_k составит

$$v_k = \frac{K_1 K_2}{t_2 - t_1}. \quad (15)$$

Направление движения косяка снимается с планшета при помощи транспортира.

Наличие буга, который обнаруживается радиолокатором, необходимо для учета дрейфа судна под влиянием ветра. Дрейф буга по сравнению с дрейфом судна ничтожен, и его не учитывают. Обычно течение на точность расчета не влияет, так как судно, косяк и буй перемещаются течением с одинаковой переносной скоростью (в редких случаях скорость и направление поверхностного течения и течения в горизонте расположения косяка отличаются значительно).

Для большей точности, особенно в случае протяженного косяка, гидроакустик должен по возможности пеленговать определенную точку (середину, наиболее плотную часть или боковую кромку косяка).

Указанным способом во второй половине января 1957 г. была определена скорость движения косяков сельди на нерестилища, которая временами доходила до 3—4 узлов.

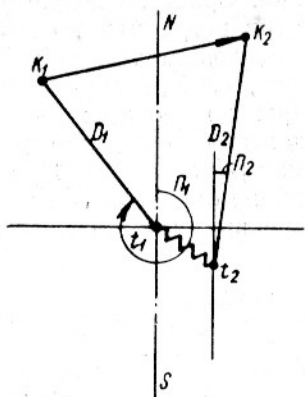


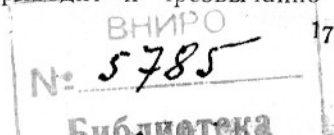
Рис. 11. Образец ведения прокладки на планшете при определении скорости и направления движения косяка при помощи гидролокатора

МАНЕВРИРОВАНИЕ СУДНА С ГИДРОЛОКАТОРОМ И ЭХОЛОТОМ ПРИ ПОИСКЕ И ЛОВЕ ОБНАРУЖЕННЫХ КОСЯКОВ

Гидролокатор рассчитан на работу при любой скорости судна (для траулеров типа «Пушкин» поисковая скорость равна 12 узлам). Однако уже при волнении 3—4 балла носовой сектор от 10° левого борта до 10° правого борта прослушивается гидроакустиком с большим трудом из-за появления значительных шумовых помех. Поэтому в свежую погоду поисковая скорость должна снижаться до такой величины, при которой шумовые помехи не мешают приему отраженных сигналов. Одновременно должен работать эхолот, так как часто гидрологический режим района, в частности наличие больших градиентов температуры, приводит к значительному искривлению ультразвуковых лучей гидролокатора, в результате чего обнаруженный гидролокатором косяк может быть потерян во время сближения с ним. Примерный ход лучей гидролокатора показан на рис. 12. Из рисунка видно, что косяк перестает фиксироваться гидролокатором на дистанции 600 м и затем вновь обнаруживается эхолотом.

Кроме этого, эхолот позволяет обнаруживать глубоко расположенные косяки, недоступные гидролокатору.

Наконец, только эхолот дает точные данные о глубине нахождения и размерах косяка. Часто пытаются определять глубину нахождения косяка по данным гидролокатора [4]. Мы считаем, что такой способ не может быть широко применим; он приводит к чрезвычайно



большим ошибкам, так как траектория ультразвукового луча очень редко представляет собой прямую линию.

Эхолот при поиске должен работать на максимальной шкале, гидролокатор — на шкале, которой обеспечивается рабочая дальность на данные сутки, определяемая по слышимому тону реверберации.

При лове разноглубинным тралом судно должно пройти над обнаруженным косяком для определения его размеров и глубины нахождения. Сразу же после прохода над косяком необходимо лечь на курс против ветра или по ветру во избежание бокового дрейфа судна при последующем тралении и пройти расстояние, достаточное для того, чтобы, следуя обратным курсом, успеть спустить трал и вытравить ваеры до прохода судна над косяком. Поворот на обратный курс с целью точного выхода на косяк следует производить способом координат [2] (рис. 13). При этом углы перекладки руля в точках 2, 3 и 4 должны определяться каждым капитаном опытным путем с учетом маневренных качеств своего судна.

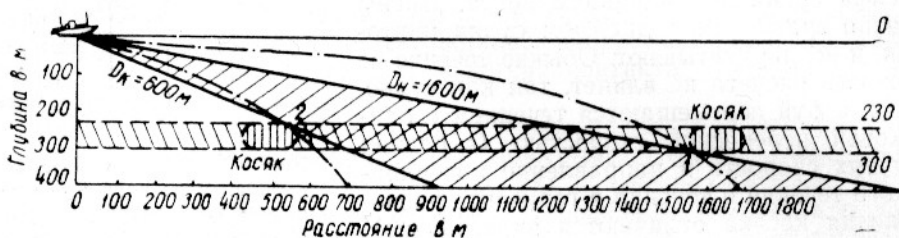


Рис. 12. Примерный ход лучей гидролокатора при обнаружении косяка в Северной Атлантике 21 ноября 1956 г.:

1 — момент обнаружения косяка; 2 — момент потери контакта; D_n — начальная дистанция обнаружения; D_k — конечная дистанция обнаружения; штрихпунктирной линией показаны предполагаемые траектории ультразвуковых лучей

Разноглубинное траление связано со значительным маневрированием судна, и поэтому его рациональнее производить в районах, где нет других судов. Однако выполнить это условие не всегда возможно.

Работая по соседству с дрейфтерами (а, б, в), следует производить поиск с учетом направления ветра, приведя траулер на правый или левый галфвинд (рис. 14, положение 1). Обнаружив косяк и пройдя над ним, нужно немедленно развернуться против ветра или по ветру и идти между дрейфтерными порядками на спуск трала (рис. 14, положение 2). Неумелое маневрирование или отсутствие концевых отличительных буюв на дрейфтерном порядке приводит к тому, что траулер (без трала) вынужден пересекать дрейфтерный порядок.

В этих случаях капитан должен держать на середину между двумя соседними буюми. Вибратор гидролокатора быстро поднимают в корпус судна, прибор останавливают, причем высокое напряжение выключать не следует, так как схема должна быть готова к немедленному действию после прохода через дрейфтерный порядок.

Проход через дрейфтерный порядок во время траления обычно приводит к обрыву и потоплению порядка.

Местоположение косяка «нащупывается» гидролокатором. Кроме того, одним из факторов, резко повышающих улов разноглубинного трала, является точность путеисчисления. Место обнаруженного косяка наносится на крупномасштабный планшет. С этого момента маневрирование судна производится относительно этого косяка, который в данном случае играет роль промыслового бую — ориентира. Однако ошибки в расчетах, невозможность точно учесть дрейф судна все время

заставляют уточнять гидролокатором местонахождение косяка и вносить необходимые коррективы в прокладку на планшете.

В момент спуска трала гидролокатор выключают и обычно делают короткий профилактический осмотр приборов, расположенных в рулевой рубке или в рубке гидроакустика. Перед взятием ваеров на стопор гидролокатор включают и, осматривая горизонт, уточняют местоположение косяка, являющегося объектом траления. Эхолот включают на шкалу, обеспечивающую эхозапись косяка в наиболее крупном масштабе.

Во время движения судна с разноглубинным тралом в крайне необходимых случаях допускаются повороты и даже циркуляция на обратный курс. Однако во избежание заверта трала все повороты надо производить медленно и плавно и, как правило, циркуляцию надо завершить до прохода траулера над косяком. Без ущерба для траления повороты лучше всего удаются в штилевую погоду.

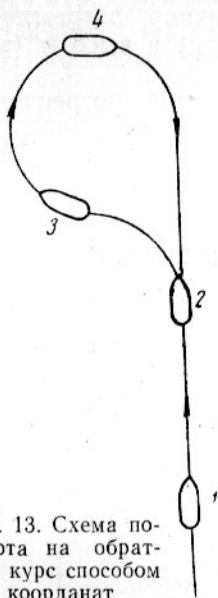


Рис. 13. Схема поворота на обратный курс способом координат

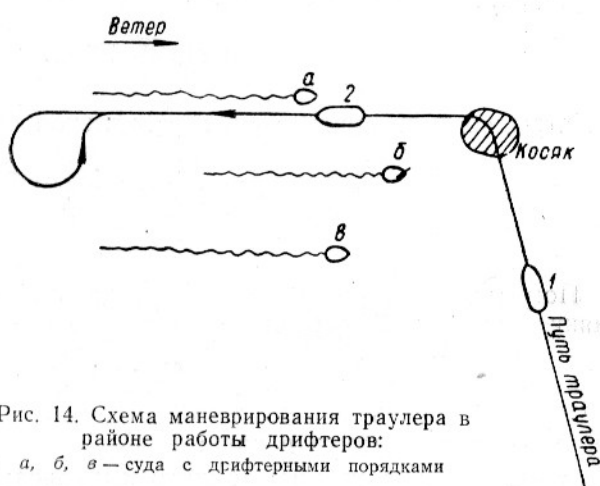


Рис. 14. Схема маневрирования траулера в районе работы дрейфтеров:
а, б, в — суда с дрейферными порядками

В свежую погоду при положении судна лагом к ветру прицельное траление производить чрезвычайно трудно ввиду большого сноса судна.

В случае большой угловой протяженности косяка вахтенный гидроакустик, кроме центра косяка, по силе эха может определить и наиболее плотную часть косяка, куда и следует направить тралящее судно.

Учитывая, что мелкие косяки более подвижны, чем крупные, при облове отличающихся по размеру косяков следует применять разную тактику лова. В случае протяженных косяков во время одного траления можно пойти по нескольким косякам, но при этом нужно исходить из возможности подъема улова на борт и прочности трала. При облове небольших подвижных косяков нужно на максимально возможной скорости траления облавливать один косяк, так как попытка обловить сразу два косяка может привести к потере обоих косяков.

В силу разобранных выше обстоятельств скорость траления ночью должна быть выше, чем днем.

МАНЕВРИРОВАНИЕ СУДНА С ЭХОЛОТОМ

За неимением на большинстве судов гидролокатора невозможно осуществить прицельный лов. Даже случай облова обнаруженного эхолотом косяка, на котором выставлен промысловый буй, нельзя назвать прицельным, так как при этом не учитывается возможное движение

косяка. В начале статьи мы сравнивали поисковую эффективность гидролокатора и эхолота по величине просматриваемой площади. Для эхолота эта величина определяется углом направленности излучения и приема ультразвуковой энергии.

Расчетный эффективный угол направленности φ отечественных эхолотов НЭЛ-4 и НЭЛ-5р равен 44° , для вертикального тракта рыболокатора «Скорпион» этот угол составляет 11° , для импортного эхолота «Бендикс» 17° .

Однако мы знаем [1], что величина угла φ может изменяться в зависимости от ряда условий (например, отражательной способности рыбы).

Величина угла φ определяет возможность обнаружения рыбы несколько в стороне от судна, определяет величину диаметра зоны обнаружения объекта и, следовательно, точную величину погрешности в определении длины (горизонтальной протяженности) и высоты (вертикальной протяженности) объекта.

На основании простых геометрических построений погрешность в определении горизонтальной протяженности

$$\delta_z = \pm \sin \frac{\varphi}{2} 100\%. \quad (16)$$

Погрешность в определении вертикальной протяженности

$$\delta_{s_1} = \pm \left(\frac{1}{\cos \frac{\varphi}{2}} - 1 \right) 100\%. \quad (17)$$

Погрешность в определении вертикальной протяженности за счет влияния длительной посылки

$$\delta_{s_2} = \frac{c\tau}{2H} 100\%, \quad (18)$$

где: c — скорость звука в воде;

τ — длительность посылочного импульса;

H — глубина расположения объекта.

Для эхолотов НЭЛ-4 и НЭЛ-5р при $\varphi = 44^\circ$ и $\tau = 0,5$ мсек $\delta_z = 40\%$, $\delta_{s_1} = 10\%$, $\delta_{s_2} = 0,075\%$ (для $H = 500$ м).

Для вертикального тракта рыболокатора «Скорпион» при $\varphi = 11^\circ$ и $\tau = 2,5$ мсек, $\delta_z = 10\%$, $\delta_{s_1} = 0,5\%$, $\delta_{s_2} = 0,38\%$ (для $H = 500$ м).

При известном угле φ формулы (16), (17) и (18) позволяют оценить точность работы эхолота по горизонтали и по вертикали в данных промысловых условиях. Однако уже сейчас можно сказать, что незначительное просматриваемое эхолотом водное пространство не позволяет производить эффективный лов разноглубинным тралом с судов, имеющих только эхолот.

При условии ведения тщательной прокладки на крупномасштабном планшете для определения границ скопления (косяка) и последующего облова его разноглубинным тралом можно рекомендовать следующий способ.

Обнаружив косяк (о чем свидетельствует начало эхозаписи), вахтенный штурман немедленно начинает маневрирование, позволяющее определить примерные границы площади, занимаемой скоплением и, следовательно, получить суждение о возможности его облова.

Маневрирование состоит в том, что судно совершает зигзаг, отворачивая от первоначального курса последовательно на 60° в ту и другую сторону, причем длина каждого отдельного галса определяется

продолжительностью непрерывной эхозаписи скопления (косяка). Этот способ применим для обследования скопления любой формы.

Не имея исчерпывающих данных о форме скоплений (косяков) пелагических рыб, при рассуждениях примем, что в одном случае горизонтальной проекцией скопления является круг (рис. 15, *a* и *б*), в других случаях горизонтальная проекция скопления имеет эллиптическую форму (рис. 15, *в*, *г*, *д*, *е*).

В первом случае (рис. 15, *a*) допустим, что первоначальный курс судна проходит через центр скопления (косяка). В момент начала эхозаписи (точка 1) судно отворачивает от первоначального курса (ПК) на 60° вправо, следует новым курсом до прекращения эхозаписи (точка 2), после чего поворачивает влево и ложится на второй галс зигзага (точка 3). Таким образом, первый и все последующие нечетные галсы будут равны $ПК + 60^\circ$, а второй и все последующие четные галсы будут равны $ПК - 60^\circ$. Второй галс заканчивается по прекращении эхозаписи скопления или косяка (точка 4), после чего совершается поворот

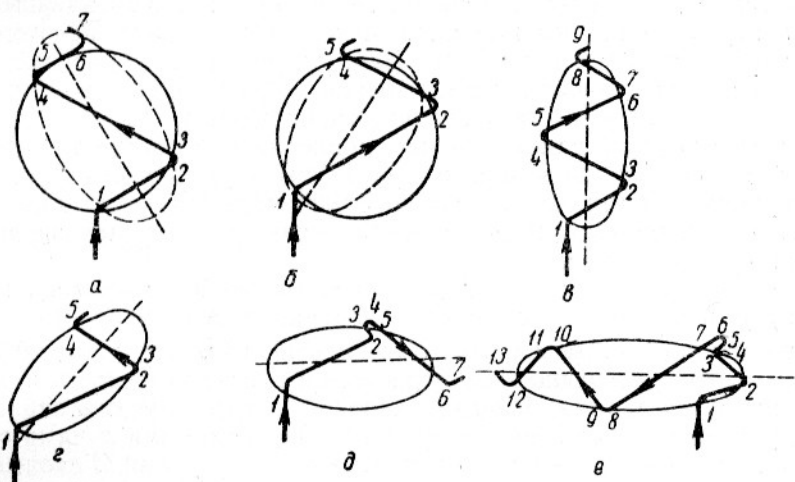


Рис. 15. Схема маневрирования судна с эхолотом при определении границ распространения косяка

на третий галс (точка 5), который также продолжается до момента окончания эхозаписи (точка 6). Затем начинается четвертый галс, но, как видно из чертежа, эхозаписи рыбы на этом галсе не будет. Поэтому из точки 7 вахтенный штурман, оценив по предыдущим галсам площадь, занимаемую скоплением, и глубину его нахождения, может занимать позицию для облова или, если скопление или косяк не имеет промыслового значения, продолжать движение первоначальным курсом.

Оценка горизонтального распространения скопления (косяка) производится на основании протяженности галсов, на которых наблюдалась эхозапись. В нашем случае это отрезки 1—2, 3—4 и 5—6, которые вахтенный штурман откладывает во время ведения прокладки на крупномасштабном планшете. Эти отрезки позволяют построить приблизительную форму горизонтальной проекции скопления (обозначена пунктиром) и провести пунктирную ось, характеризующую наибольший горизонтальный размер скопления, что особенно важно при лове разноглубинным тралом.

Для рис. 15, *б* также справедливы приведенные рассуждения, только для этого случая мы допускаем, что первоначальный курс судна про-

ходил не через центр скопления, а по его краю. Обследование скопления здесь завершилось двумя галсами, что приемлемо только при протяженных скоплениях. Точка 5 на рис. 15, б соответствует точке 7 на рис. 15, а.

Второй случай предусматривает обследование скопления или косяка, горизонтальная проекция которого по своей форме приближается к эллипсу. На рис. 15, в, г, д последовательно изображены положения, когда судно вначале движется вдоль главной оси эллипса, под углом к ней и, наконец, поперек главной оси. Галсы зигзага рассчитываются так же, как и для первого случая, кроме положения, изображенного на рис. 15, д. Здесь второй галс (отрезок 2—3) расположен вне косяка и поэтому эхозаписи на втором галсе не будет. Тогда ложатся на курс, обратный второму галсу (отрезок 4—6), и производят эхозапись на этом галсе.

В третьем случае (рис. 15, е) обследование скопления (косяка) аналогично только что разобранному обследованию (рис. 15, д). Разница состоит в том, что расположение первоначального курса судна и вытянутая форма скопления (косяка) не позволяют сделать первый и второй галсы достаточно длинными. Небольшой путь, пройденный судном на первом и втором галсах, не позволяет получить необходимого суждения о размерах скопления. Поэтому делается четвертый (отрезок 6—8) и последующие галсы до полного обследования скопления. По направлению четвертый галс отличается от третьего на 180° .

Маневрирование с эхолотом на скоплении или косяке требует оперативности, высокой штурманской культуры и умения быстро и точно вести прокладку на крупномасштабном планшете. При отсутствии достаточного опыта вначале такое маневрирование следует производить на малых и средних ходах.

В случае мелких косяков (протяженностью в несколько десятков метров) разобранные способы маневрирования неприменимы.

Еще раз следует напомнить, что излучение эхолотом ультразвуковой энергии в виде расходящегося пучка лучей вносит неточность в определение размеров косяка. Иногда эхолот боковыми лучами записывает косяк, расположенный сбоку от судна. Запись боковыми лучами обычно бывает менее яркая, чем запись центральными лучами. Главный признак того, что косяк обнаружен боковыми лучами, это нерезкий, расплывчатый верхний край записи.

Нередко даже тщательное ведение прокладки не избавляет судно с эхолотом от потери гидроакустического контакта с ранее обнаруженным косяком.

Поэтому возникает вопрос о возможности использования при разноглубинном тралении судна, снабженного гидролокатором, в качестве наводящего для судна, имеющего только эхолоты.

ВЫВОДЫ

1. Для ведения эффективного промысла в океане, в частности при ловле разноглубинным тралом, рыболовные суда необходимо оборудовать не только эхолотами, но и гидролокаторами. При поиске гидролокатор должен быть использован в режиме шагового поиска.

2. Горизонтальная протяженность косяков, записанных эхолотом, определяется в соответствии с приведенными графиками или таблицами, рассчитанными по указанным выше формулам.

3. Несмотря на обычное изображение косяков сельди на эхограмме в виде единой сплошной массы, отдельные особи в плотном косяке сельди могут быть расположены не вплотную друг к другу, а на расстоянии, определяемом метрами.

4. Гидролокатор и эхолот позволяют получать ценные данные о поведении рыбы, которые определяют тактику лова. С помощью гидролокатора возможно определение скорости и направления движения ксяка.

5. Наличие на промысловом судне гидролокатора или эхолота также определяет тактику лова и способы маневрирования судна. Маневрирование судна, имеющего только эхолот, значительно усложняется по сравнению с маневрированием судна, снабженного и гидролокатором.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. А ж а ж а В. Г., Поиск рыбы эхолотом, МРП СССР, 1956.
 2. А р а н о в Н. М., Основы маневрирования кораблей, Воениздат, 1948.
 3. Т ю л и н В. Н., Основные явления, связанные с распространением акустических волн в морской среде, изд. ВМАКВ имени Крылова, 1956.
 4. G o o d С. М., Asdic in the Fishing Industry, World Fishing, London, March, 1956.
-