

## Обнаружение рыбных косяков радиолокационным способом

А. С. Гавриленко, А. С. Курекин, А. Я. Матвеев, В. Н. Цымбал

*Центр радиофизического зондирования Земли им. А. И. Калмыкова  
НАН Украины и НКА Украины,  
Украина, 310085, г. Харьков, ул. Ак. Проскуры, 12  
E-mail: matveyev@ire.kharkov.ua*

*Статья поступила в редакцию 16 марта 2004 г.*

Приведены результаты радиолокационного обнаружения косяков рыбы. Натурные испытания проводились в Баренцовом, Норвежском и Северном морях многоцелевым радиолокационным комплексом "МАРС", расположенном на борту самолета, с высот 7000 м (предварительная оценка предполагаемого района скопления косяков рыбы) и 100 + 200 м (обнаружение рыбных косяков в данном районе). Показано, что рыбные косяки уверенно (с контрастом сигнала 16 + 18.5 дБ) обнаруживаются в X-диапазоне длин волн. Результаты наблюдений согласуются с визуальными показаниями специалистов-наблюдателей.

Наведено результати радіолокаційного виявлення косяків риби. Натурні випробування проводились в Баренцовому, Норвезькому і Північному морях авіаційним багатоцільовим радіолокаційним комплексом "МАРС" з висот 7000 м (попередня оцінка гаданого району скупчення косяків риби) і 100 + 200 м (виявлення рибних косяків у даному районі). Показано, що косяки риби упевнено (з контрастом 16 + 18.5 дБ) виявляються в X-діапазоні довжин хвиль. Результати спостережень збігаються з візуальними свідченнями фахівців-спостерігачів.

Оперативная информация о районах скопления косяков рыбы позволяет рыбакам существенно сократить время на поиск и снизить расход топлива. Получение такой информации обеспечивается непосредственно эхолотами на кораблях и визуальной разведкой с низколетящего самолета, а также косвенно – по радиолокационной информации, получаемой на борту самолета, о кромке льда, вблизи которой, как правило, скапливается рыба. Визуальные поиски рыбы в северных широтах обычно проводятся в ночное время – время выхода косяков рыбы на поверхность моря для кормежки. Сильные туманы и плохая видимость, особенно весной и осенью, значительно снижают эффективность визуальных наблюдений.

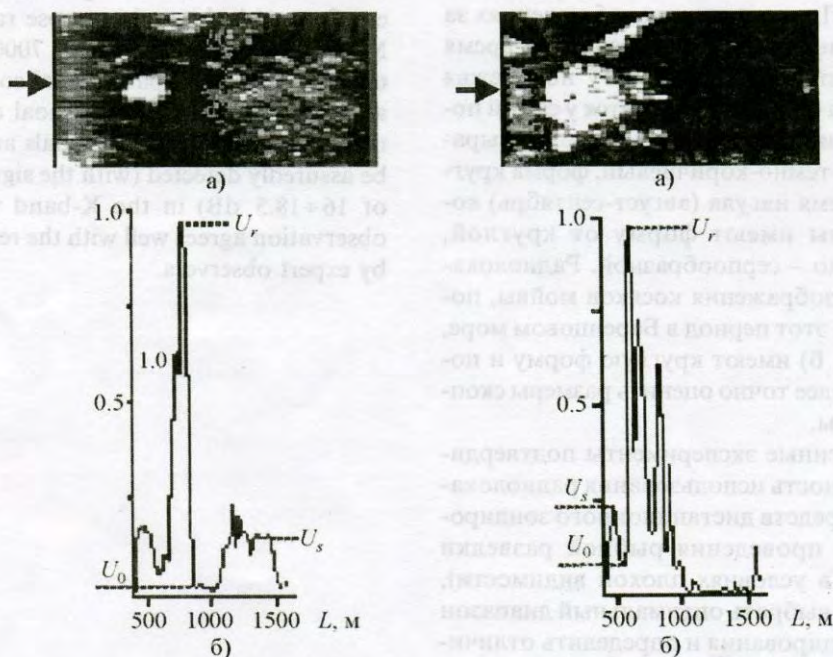
Использование радиолокационных методов дистанционного зондирования морской поверхности, независимых от погодных условий и времени суток, позволяет повысить эффективность визуальной разведки скопления рыбы.

Комплексные эксперименты по одновременному визуальному и радиолокационному обнаружению косяков рыбы проводились весной, летом и осенью 1994-95 гг. в Баренцевом, Северном и Норвежском морях с самолета-лаборатории ИЛ-18Д, на борту которого находились наблюдатели и многочастотный ( $K_{\alpha}$ -SLAR, X-SLAR, L-SAR, VHF-SAR) радиолокационный комплекс "МАРС"[1], позволяющий получать радиолокационные изображения

(РЛИ) морской поверхности одновременно на различных частотах в реальном масштабе времени. В команду наблюдателей были включены океанологи, ихтиологи и биологи, хорошо знающие объект и район съемки. Эксперименты проводились преимущественно в вечерние часы. Как показал предварительный анализ, движущийся вблизи морской поверхности косяк рыбы создает на ней рябь, аналогичную ветровой, максимальной чувствительностью обнаружения которой обладают радиолокаторы X-SLAR, что совпадает с данными [1, 2]. Поэтому съемка проводилась преимущественно в X-диапазоне длин радиоволн. Предварительно с высоты 7000 м определялись районы предполагаемого местонахождения рыбных косяков. Затем самолет снижался в этих районах до высоты  $100 \div 200$  м и радиолокационные данные

оперативно сравнивались с визуальными наблюдениями специалистов-наблюдателей. Реальная полоса обзора X-SLAR при этом составляла  $300 \div 5000$  м, а разрешение  $15 \times 15$  м<sup>2</sup>.

По данным радиолокационной съемки, подтвержденным визуальными наблюдениями, при слабом волнении (2+3 балла) РЛИ рыбного косяка представляет собой яркое пятно с затемнением по периметру (см. рис. 1, а). При этом контрасты сигналов РЛИ составляют  $K_1 = 20 \lg(U_r/U_s) \approx 16 + 8.5$  дБ (где  $U_r, U_s$  – амплитуды принятых сигналов, создаваемых рыбным косяком и взволнованной морской поверхностью, соответственно; см. рис. 1, б). Спад амплитуды сигнала  $U_0$ , отраженного морской поверхностью на границе изображения косяка, вероятно, обусловлен гашением ряби под действием жировой пленки из органических веществ,



**Рис. 1.** а) Два радиолокационных изображения косяков мойвы (яркие пятна). б) Изменение нормированной амплитуды принятого сигнала вдоль строки радиолокационного изображения (по стрелке):  $L$  – горизонтальная дальность,  $U_r, U_s, U_0$  – амплитуды сигналов, сформированных рыбным косяком, чистой морской поверхностью и поверхностью, покрытой жировой пленкой, соответственно

выделяемых рыбами [2]. Контраст гашения ряби на поверхности такой пленкой составляет  $K_2 = 10 \lg(U_0/U_s) \approx -2 \div -8.5$  дБ (где  $U_0$  – амплитуда сигнала, сформированного морской поверхностью, покрытой жировой пленкой) и зависит от размеров косяка, скорости и направления приводного ветра и многих других факторов.

Опыт визуальных наблюдателей показывает, что промысловые скопления рыбы в зависимости от времени года и жизненного цикла имеют разную форму. Так, например, весной при подходе сельди к берегам на нерест форма косяков овальная. После нереста сельдь отходит от берега в вытянутых или круглых косяках. При нагуле форма косяков сельди и скумбрии удлинённая с резко выраженным направлением движения. В сентябре мелкие и средние скопления рыбы соединяются и образуют крупные косяки. Форма их в этот период самая разнообразная, но обычно преобладает овальная. При визуальных наблюдениях за мойвой обнаружено, что весной во время нереста в прибрежной зоне у побережья Мурманска ее косяки находятся у самой поверхности и при этом края их резко выражены, цвет темно-коричневый, форма круглая. Во время нагула (август-сентябрь) косяки мойвы имеют форму от круглой, овальной до – серпообразной. Радиолокационные изображения косяков мойвы, полученные в этот период в Баренцовом море, (см. рис. 1, б) имеют круглую форму и позволяют более точно оценить размеры скоплений рыбы.

Проведенные эксперименты подтвердили возможность использования радиолокационных средств дистанционного зондирования для проведения рыбной разведки (особенно в условиях плохой видимости), позволили выбрать оптимальный диапазон частот зондирования и определить отличительный признак между РЛИ рыбных косяков и РЛИ ветровой ряби на поверхности моря. Определение вида рыбы в косяке в настоящее время возможно только при совместном использовании радиолокационных и визуальных данных. Однако накоп-

ление достаточного банка радиолокационных данных в будущем позволит проводить только радиолокационную разведку.

### Литература

1. А. И. Калмыков, В. Н. Цымбал, А. С. Курекин, В. Б. Ефимов, А. Я. Матвеев, А. С. Гавриленко, В. В. Иголкин. Радиофизика и Радиоастрономия. 1998, 3, №2, с. 119-129.
2. R. K. Moore, A. K. Fung. Proc. IEEE. 1979, 67, No, 11. pp. 1504-1521.

### Radar Detection of Fish Shoals

O. S. Gavrilenko, O. S. Kurekin,  
O. Ya. Matvyeyev, V. M. Tsybmal

The results of radar detection of fish shoals are shown. Full-scale testing was carried out in the Barents, the Norwegian and the Northern Seas with the multipurpose radar system MARS from the altitudes of 7000 m (prediction of the anticipated shoal concentration area) and of 100 + 200 m (shoal detection in the target area). The fish shoals are shown to be assuredly detected (with the signal contrast of 16 + 18.5 dB) in the X-band waves. The observation agrees well with the results shown by expert observers.

