

5. Chernyshkov, P. Physical and biological factors affecting recruitment of small pelagic fish off Northwest African coast / P. Chernyshkov, N. Timoshenko, A. Sirota. – ICES CM 2005 / O:35.

6. Saville, A. Survey methods of appraising fishery resources. FAO Fish.Tech. Paper. – Rome: FAO, 1977. – No.171. – 76 p.

7. Ulltang, O. Methods of measuring stock abundance other than by the use of commercial catch and effort data. FAO Fish.Tech. Paper. – Rome: FAO, 1977. – No.176. – 23 p.

УДК 597-152.6:639.2.05(261.77)

А.П. Малышко

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК ИНДЕКСОВ ПЛОТНОСТИ СМЕШАННЫХ РЫБНЫХ СКОПЛЕНИЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ТРАЛОВО-АКУСТИЧЕСКИХ СЪЕМОК В ВОДАХ МАРОККО

Введение

Проблема, связанная с различиями в измерениях плотности скоплений рыб в разное время суток (день/ночь), существует с начала акустических исследований в районе шельфовых вод Северо-Западной Африки. Французские и норвежские ученые, проводившие акустические съемки в этом районе, по-видимому, не придавали этому особого значения, так как по экономическим и временным показателям круглосуточные работы выгоднее.

Важнейшей задачей является уменьшение погрешности в оценке биомассы, связанной с выбором времени суток для проведения акустической съемки. С этой целью были проведены экспериментальные акустические работы на микрополигонах в районе шельфа Марокко.

Описанный ниже подход в проведении экспериментальных акустических измерений позволяет произвести сравнительный анализ, на основе которого можно принимать решения о предпочтительности выполнения ночных или дневных съемок с учетом различных биологических, гидрологических и других факторов, влияющих на измерения плотности скоплений рыб обследуемой акватории.

Материал и методика

В настоящей работе освещаются результаты, полученные на основе выполнения акустических микросъемок в темное и светлое время суток.

В качестве измерительного инструмента использовали научный эхолот EK500, выводящий интегральные значения коэффициента поверхностной плотности s_A , $m^2/kv.mилью$. Интервал интегрирования выбран равным 1 миле. Выборки плотности регистрировались в 4 пелагических слоях: 5 – 25, 25 – 50, 50 – 75, 75 – 100 и придонном слое 0,5 – 10 м.

Для проведения гидроакустических работ в целях определения различия величин дневной и ночной биомасс выбраны участки (микрополигоны) 8×20 миль с высокой плотностью рыбных скоплений и координатами:

– северный микрополигон $28^{\circ}30' \text{ с.ш.}, 11^{\circ}40' \text{ з.д.}$ и $28^{\circ}15' \text{ с.ш.}, 12^{\circ}04' \text{ з.д.}$;

– южный микрополигон $21^{\circ}35' \text{ с.ш.}, 17^{\circ}16' \text{ з.д.}$ и $21^{\circ}15' \text{ с.ш.}, 17^{\circ}27' \text{ з.д.}$

Площадь для проведения исследований определяли исходя из того, чтобы успеть за 12 ч покрыть ее параллельными галсами через 2 мили, сделать траление и вернуться в исходную точку для повторной съемки.

Выбор места для проведения микросъемок был основан на поиске двух участков акватории Марокко с тем, чтобы один из них находился в северной части между параллелями 32 – 27° с.ш., а второй в южной 27 – 21° с.ш. Также в основе выбора месторасположения микрополигонов важную роль играли: относительно малая подвижность скоплений и достаточно высокий уровень коэффициента поверхностной плотности, который достигал значений 10000 м²/кв.милю и более.

Результаты

В итоге обработки полученной информации за период исследований на микрополигонах определены величины биомасс за два суточных цикла работ в ночное и дневное время, которые представлены в таблице.

Результаты оценки биомасс на микрополигонах
Biomass estimates for microfields

Микрополигон	Сутки	Биомасса, т		Коэффициент различия
		ночные часы	дневные часы	
Северный	первые	4374,4	3053,8	1,43
	вторые	10028,9	5164,5	1,94
Южный	первые	42538,9	34527,4	1,23
	вторые	52629,9	21186,1	2,48

Результаты проведенных микросъемок позволяют сделать сравнительный анализ характеристик индексов плотности смешанных рыбных скоплений, полученных в разное время суток. Как видно из таблицы, коэффициент различия ($K_{\text{разл}}$), представляющий собой отношение ночной и дневной суммарной биомасс смешанных скоплений рыб на микрополигонах, всегда больше единицы и колеблется от 1,2 до 2,5 раза.

Такой разброс значений $K_{\text{разл}}$, на наш взгляд, обусловлен влиянием горизонтальных миграций рыб на измерения плотности на одних и тех же участках.

Графики, построенные на основе результирующих данных южного микрополигона, представлены на рис. 1 – 4. Вариации $K_{\text{разл}}$ значений коэффициента поверхностной плотности показаны на рис.1. Характер представленных кривых и их различие наглядно демонстрируют проблему выбора времени суток для проведения акустических измерений.

При рассмотрении полученных диаграмм для пяти слоев (рис.2) видно, что ночные выборки плотности имеют большие значения, чем дневные в первых трех пелагических слоях, а в придонных наоборот. Это объясняется тем, что придонные скопления рыб в темное время суток поднимаются в пелагические и поверхностные слои.



Рис.1 Кривые изменения коэффициента различия $K_{\text{разл}}$

Fig. 1. Variation curves for distinction coefficient $K_{\text{distinction}}$

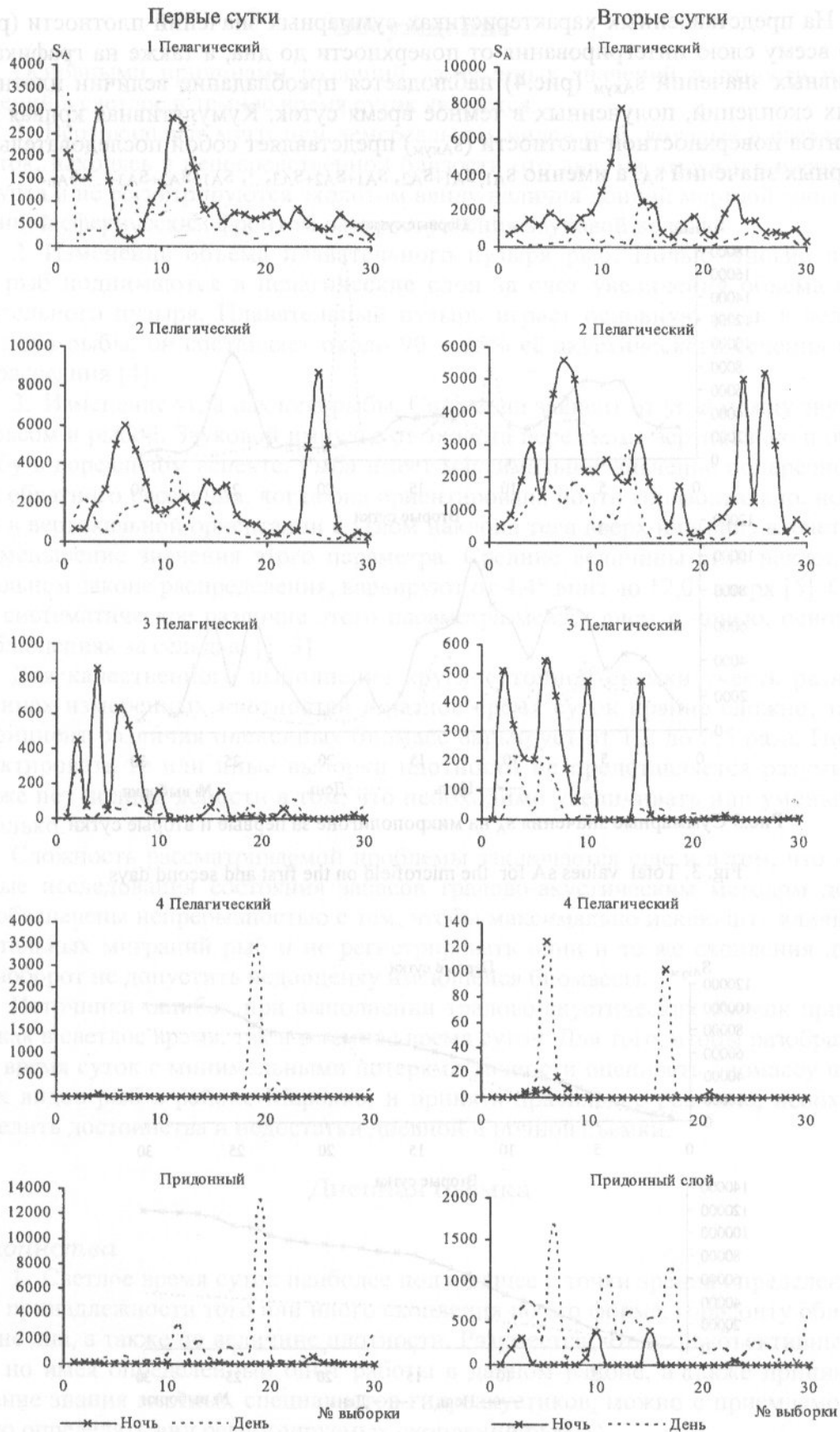


Рис.2 Сравнительные характеристики коэффициентов поверхностной плотности

Fig. 2. Comparative characteristics of the surface density coefficients

На представленных характеристиках суммарных значений плотности (рис.3), т.е. по всему слою интегрирования от поверхности до дна, а также на графиках кумулятивных значений $s_{A_{кум}}$ (рис.4) наблюдается преобладание величин плотностей рыбных скоплений, полученных в темное время суток. Кумулятивная кривая коэффициентов поверхностной плотности ($s_{A_{кум}}$) представляет собой последовательность суммарных значений s_A , а именно s_{A1} , $s_{A1}+s_{A2}$, $s_{A1}+s_{A2}+s_{A3}$, ..., $s_{A1}+s_{A2}+s_{A3}+...+s_{An}$.

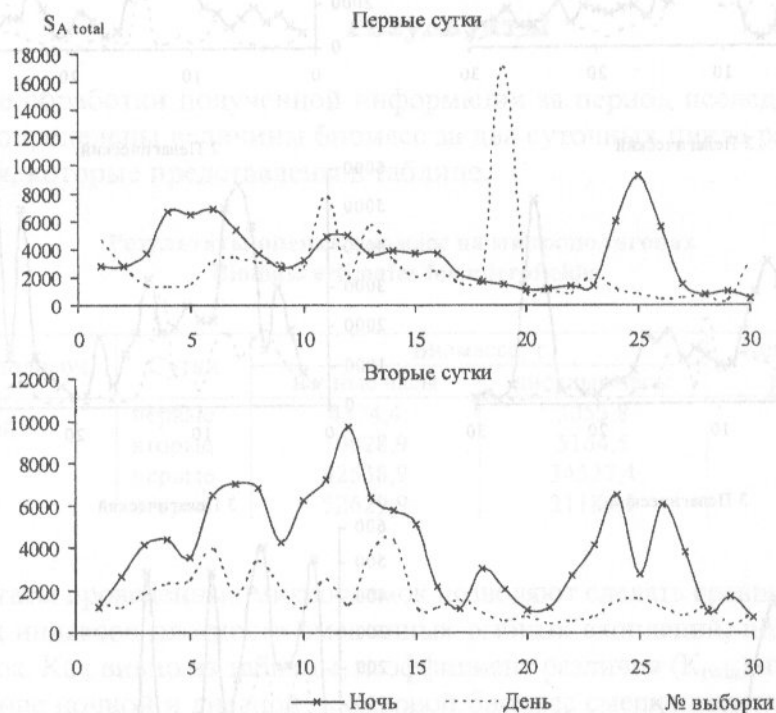


Рис.3 Суммарные значения s_A на микрополигоне за первые и вторые сутки

Fig. 3. Total values s_A for the microfield on the first and second days

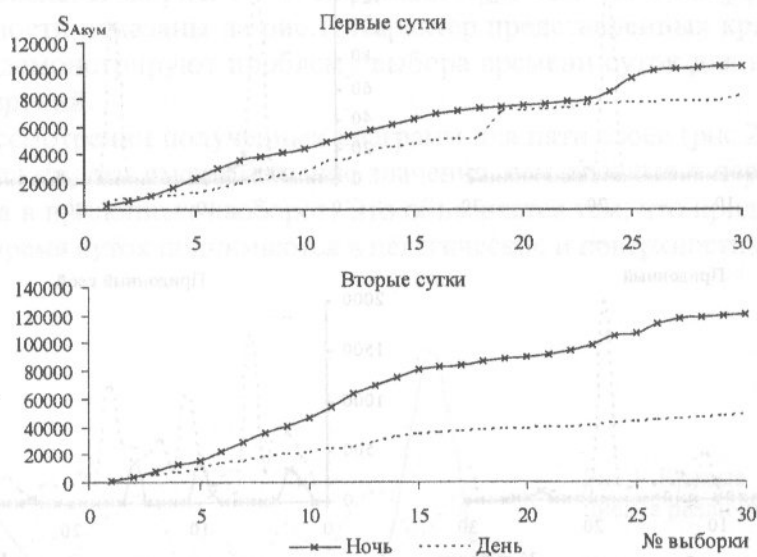


Рис.4 Кумулятивные значения s_A на микрополигоне за первые и вторые сутки

Fig. 4. Cumulative values s_A for the microfield on the first and second days

Обсуждение

Основными причинами различий измеренных значений плотности рыбных скоплений в светлое и темное время суток являются:

1. Вертикальные миграции демерсальных видов рыб, которые в светлое время суток, находясь в непосредственной близости ото дна, маскируются неровностями грунта и не регистрируются эхолотом ввиду наличия донной мертвой зоны, обусловленной сферическим фронтом распространения звуковой волны.

2. Изменение объема плавательного пузыря рыб. Ночью многие донные виды рыб поднимаются в пелагические слои за счет увеличения объема своего плавательного пузыря. Плавательный пузырь играет основную роль в величине силы цели рыбы, он составляет около 90 – 95% её акустического сечения обратного рассеяния [4].

3. Изменение угла наклона рыбы. Сила цели зависит от угла между звуковым импульсом и рыбой. Звуковой импульс от эхолота передается вертикально и облучает рыбу в дорсальном аспекте. Рыба имеет максимальное значение поперечного сечения обратного рассеяния, когда она ориентирована почти горизонтально, но изменения в вертикальной ориентации с углом наклона тела вверх или вниз влечет за собой уменьшение значения этого параметра. Средние величины угла наклона, при нормальном законе распределения, варьируют от $4,4^\circ$ вниз до $12,0^\circ$ вверх [5]. Существует систематическое различие этого параметра между днем и ночью, основанное на наблюдениях за сельдью [1, 3].

Для качественного выполнения круглосуточной съемки учесть разницу в величинах измеренных плотностей в разное время суток крайне сложно, так как коэффициент различия оцененных биомасс варьирует от 1,2 до 2,5 раза. Поэтому корректировать те или иные выборки плотности не представляется разумным, к тому же нет полной ясности в том, что необходимо увеличивать или уменьшать и на сколько.

Сложность рассматриваемой проблемы заключается еще и в том, что многовидовые исследования состояния запасов тралово-акустическим методом должны быть обеспечены непрерывностью с тем, чтобы максимально исключить влияние горизонтальных миграций рыб и не регистрировать одни и те же скопления дважды или наоборот не допустить недооценку имеющейся биомассы.

Источники ошибок при выполнении тралово-акустических съемок присутствуют как в светлое время, так и в темное время суток. Для того, чтобы разобраться, в какое время суток с минимальными потерями точности оценивать биомассу пелагических видов рыб в районе Марокко, и принять правильное решение, необходимо определить достоинства и недостатки дневной и ночной съемки.

Дневная съемка

Достоинства

1. Светлое время суток наиболее подходящее с точки зрения определения видовой принадлежности того или иного скопления по его форме, горизонту обитания, глубине дна, а также по величине плотности. Разумеется, что это субъективные факторы, но имея определенный опыт работы в данном районе, а также принимая во внимание знания местных специалистов-гидроакустиков, можно с приемлемой точностью определять вид регистрируемых скоплений рыб.

2. В светлое время суток можно разделить определенные виды скоплений по соответствующим слоям или оконтурить области их обитания с помощью программ постпроцессорной обработки данных.

3. В светлое время суток основные промысловые пелагические виды рыб находятся ниже поверхностной мертвой зоны, обусловленной длительностью зондирующего импульса эхолота и осадкой судна.

Недостатки

1. В светлое время суток рыба концентрируется в косяки высокой плотности. Интенсивность гидроакустического импульса понижается в верхней части косяка, прежде чем достичь нижней его части и дна. Такой же эффект наблюдается на обратном пути к трансдюсеру. В данном случае такое ослабление зависит от объемной плотности внутри косяка и его вертикального развития [7, 8, 10].

2. Потери полезного сигнала в придонной области, за счет донной мертвой зоны, границы которой находятся в пределах половины длины импульса ото дна [6] и являются функцией глубины дна и ширины луча [9].

Ночная съемка

Достоинства

1. Возможность оценки плотности демерсальных видов рыб, а также других видов, часть скоплений которых при соответствующих условиях среды обитания в светлое время суток находится на грунте и не доступна для обнаружения за счет мертвой зоны у дна.

2. Скопления рыб находятся в разреженном состоянии, а это лучшие условия для измерений силы цели *in situ*.

3. Практически отсутствует эффект ослабления интенсивности звуковой волны верхней частью скоплений ввиду их невысокой объемной плотности.

Недостатки

1. Определенные трудности в видовой идентификации эхограмм и как следствие в оконтуривании скоплений рыб определенных видов в постпроцессорной обработке данных.

2. Необходимость большого количества тралений ввиду плохой визуальной видовой определяемости наблюдаемых дисперсных, смешанных скоплений рыб.

3. Потери в оценке биомассы вследствие вертикальной миграции рыб в поверхностный слой мертвой зоны, который составляет примерно 10 м (мертвая зона + осадка).

При обсуждении достоинств и недостатков акустических работ в дневное или ночное время не рассматривалась проблема избегания судна скоплениями рыб. Недооценка биомассы в слое от 10 до 20 м, связанная с этим явлением, присуща обоим периодам времени суток в рамках эхоинтеграторных съемок [2]. В ночное время скопления рыб, находящиеся в дисперсном состоянии в поверхностном слое 0 – 10 м, избегают судно и в стороны, и вниз. Днем же наблюдаемые вблизи берега на поверхности косяки сардины, при попадании на пути следования судна, уходят вниз и во многих случаях регистрируются эхолотом (визуальные наблюдения на эхосъемках).

Заключение

Проведенные научно-исследовательские работы на микрополигонах в районе Марокканского шельфа позволили в определенной мере проанализировать и сравнить характерные особенности акустической съемки в темное и светлое время суток.

Рассматривая тот или иной период времени суток, можно сделать вывод в пользу дня или ночи для проведения тралово-акустической съемки. В том и другом случае есть свои достоинства и недостатки, но принимая во внимание то, что нам необходимо оценить биомассу основных промысловых пелагических видов рыб, и учитывая, что круглосуточная съемка внесет массу неопределенностей за счет специфики ночных измерений, предпочтение следует отдать светлоте времени суток.

Дневные акустические съемки приоритетнее всего выполнять при оценке биомассы восточной скумбрии, ставриды, сардины, сардинеллы и европейского анчоуса – это те виды рыб, которые совершают суточные вертикальные миграции и ночью, находясь в дисперсном состоянии, маскируются звукорассеивающим слоем и поднимаются в поверхностный слой мертвой зоны.

В данной работе показано сравнение двух подходов к выполнению тралово-акустических съемок.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что необходимо учитывать источники ошибок при оценке биомассы в тот или иной период времени суток и соответственно планировать съемку так, чтобы минимизировать все имеющиеся недостатки.

Список использованной литературы

1. Beltestad, A.K. Feeding, vertical migration and schooling of O-group herring (*Clupea harengus* L.) in relation to light intensity // Cand. Real. Thesis, University of Bergen, Bergen, Norway. – 1974.
2. Bazigos, G.P. A Manual on Acoustic Surveys. Sampling Methods for Acoustic Surveys. CEEAF/ECAF Ser. (80/17). – 1981.
3. Buerkle, U. First look at herring distributions with a bottom referencing underwater towed instrumentation vehicle 'BRUTIV'. FAO Fish. Rep., 300, 125-30. – 1983.
4. Foote, K.G. Importance of the swimbladder in acoustic scattering by fish: a comparison of gadoid and mackerel target strengths. J. Acoust. Soc. Am. 67, 2084-9. – 1980.
5. Foote, K.G. & Ona, E. Tilt angles of schooling penned saithe. J. Cons. Int. Explor. Mer, 43, 118-21. – 1987.
6. Mitson, R.B. Acoustic detection and estimation of fish near the sea-bed and surface. FAO Fish. Rep. 300, 27-34. – 1983.
7. Olsen, K. Sound attenuation within schools of herring. ICES CM 1986/B:44.
8. Olsen, K. Fish behaviour and acoustic sampling. Rapp.-v. Reun. Cons. Int. Explor. Mer, 189, 147-58. – 1990.
9. Ona, E. And Mitson, R.B. Acoustic sampling and signal processing near the seabed: the dead zone revisited. ICES J. Mar. Sci. 53, 677-90. – 1996.
10. Toresen, R. Absorption of acoustic energy in dense herring schools studied by the attenuation in the bottom echo signal. Fish. Res., 10, 317-27. – 1991.