

ГИДРОАКУСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА БИОМАССЫ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛАНКТОНА

Для ведения рационального промысла гидробионтов необходимо не только тщательное изучение биологии и распределения объектов лова, но и состояния их кормовой базы. Известно, что одним из основных потребителей планктона в Южном океане являются мезопелагические рыбы. Естественно, что наличие или отсутствие корма наряду с другими факторами в значительной степени влияет на образование промысловых скоплений этих рыб. Поэтому правильная и объективная оценка биомассы и распределения планктона, а также изменения этих величин во времени является необходимым условием для прогнозирования поведения рыбных скоплений.

Количественная оценка планктона, как правило, дается по результатам сетных ловов. Однако длительность и трудоемкость обработки проб не дает возможности быстрой оценки его распределения. В связи с распространением и совершенствованием количественных методов появляется возможность более оперативного и точного получения конечных характеристик, и здесь перспективно применение гидроакустического метода, позволяющего проводить непрерывные измерения плотности планктона на соответствующих сетках галсов.

В последние годы опубликован ряд исследований по оценке биомассы и распределения планктона гидроакустическими методами, характеризующимися различными методическими приемами, основанными на корреляционном анализе уловов планктона и данных измерений эхосигналов. Для оценки биомассы планктона в этих работах применяются различные орудия лова — сеть Бонго (Johnson, Griffiths, 1987), трал Айзаакса-Кидда (Takiguchi et al., 1988), различные конструкции планктонособирателей (Kristensen, 1986; Greenlaw, 1979).

В настоящее время в нашей стране в качестве стандартного орудия лова при проведении количественных исследований планктона на значительных акваториях используется сеть Джеди (Киселев, 1969). Преимущественное употребление этих сетей обусловлено их хорошей уловистостью. Сетные ловы дают удовлетворительное представление о состоянии популяций многих планктонных организмов (Тимонин, 1983). Поэтому в наших работах по оценке распределения планктона гид-

роакустическим методом на первоначальном этапе использовалось это орудие лова.

Работы проводились в весенне-летний период 1988-1989 гг. в КЗА на борту РТМС "Возрождение" в два этапа:

градуировка гидроакустического комплекса по данным уловов планктона;

проведение гидроакустической съемки планктона в одном из подрайонов.

Облов планктона проводился сетью Джеди (диаметр входного отверстия 36 см, фильтрующий конус из капронового газа № 49) по стандартной методике. Биомасса планктона определялась объемным методом с помощью волномера Яшнова (Яшнов, 1959). Учитывая, что в исследуемом районе до 90% биомассы составляет небольшое число доминирующих организмов, видовую принадлежность и численность определяли только для массовых видов зоо- и фитопланктона.

Акустические измерения проводились с использованием эхолота ЕК-388 фирмы "Симрад" (Норвегия), интегратора СИОРС (СССР). Аппаратура градуировалась на станциях в процессе выполнения комплексной микросъемки путем интегрирования слоя, облавливаемого для гидробиологического анализа. На рис. I представлена характерная эхограмма записи планктона. Параметры аппаратуры при этом были следующие: ЕК-388 - диапазон 0-500 м, мощность полная, усиление $VARU 20 \log R$; $\tau_{и} = 1$ мс; $\Delta f = 1$ кГц; СИОРС - усиление 25 дБ, порог - 12 дБ.

На станциях проводилось по 10 измерений с интегрированием за 30 посылок. Затем измеренные величины накоплений приводились к накоплениям за одну посылку и усреднялись. Усредненное значение сопоставлялось с плотностью планктона ($г/м^3$), полученной в результате гидробиологического анализа. Результат измерений считался достоверным при отсутствии в измеряемом слое рыбных записей и внешних помех, вызванных попаданием в зону действия гидрологического зонда, его кабеля, сети Джеди, шумов. Существенным фактором, усложнявшим проведение градуировки и снижавшим достоверность его результатов, являлись погодные условия (сильный ветер, волнение моря). Интегрирование и отбор проб проводили по горизонту 0-100 м. По завершению градуировочных работ был получен ряд значений объемной плотности по уловам и соответствующих накоплений интегратора, по которым произведен расчет уравнения регрессии:

$$S_V = 0,85 \cdot M_I - 0,072 \text{ (г/м}^3\text{)}, \quad (1)$$

где M_I - накопление интегратора за одну посылку.
 Коэффициент корреляции составил 0,78, что свидетельствует о достаточно высокой степени достоверности полученного уравнения (рис. 2). Вид этого уравнения зависит от электроакустических параметров используемой аппаратуры, поскольку (Юданов и др., 1984)

$$M_I = C_{ЭА} K_{\text{инт}} K_{\omega} \Psi h \frac{I}{\delta^2} \frac{I}{4\pi} m_V, \quad (2)$$

- где $C_{ЭА}$ - электроакустическая постоянная;
 $K_{\text{инт}}$ - коэффициент передачи интегратора;
 K_{ω} - коэффициент избыточного затухания звука;
 Ψ - интегральный фактор направленности антенны;
 h - диапазон интегрирования (0-100 м);
 δ - поправочный коэффициент ВАРУ $20 \log R$;
 m_V - коэффициент объемного рассеяния, м^{-1} .

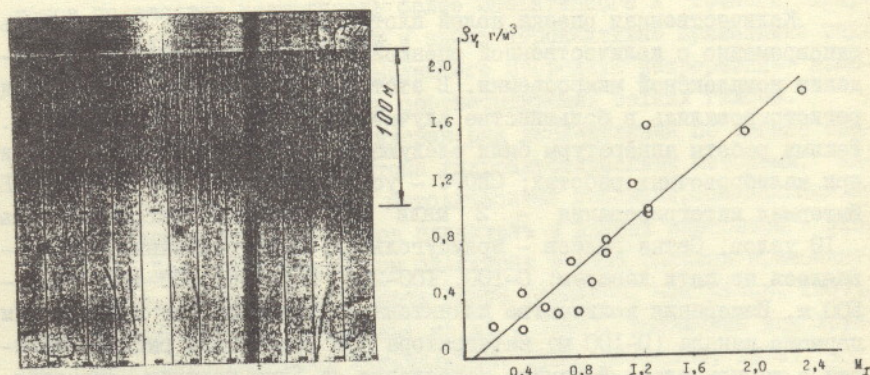


Рис. 1. Эхограмма записи планктона. Эхолот ЕК-388: диапазон 0-500 м; мощность полная; усиление ВАРУ $20 \log R$; $T_{\text{и}} = 1 \text{ мс}$; $\Delta f = 1 \text{ кГц}$

Рис. 2. График уравнения регрессии и поле корреляции значений объемной плотности сестона (S_V) и накоплений интегратора за одну посылку (M_I)

Подставляя эти значения, легко получить зависимость объемной плотности от коэффициента объемного рассеяния, характеризующего отражательные свойства планктона:

$$S_v = 80,01 \cdot 10^5 m_v - 0,072, \text{ г/м}^3. \quad (3)$$

Уравнение (3) не зависит от электроакустических характеристик приборов и может быть использовано в дальнейшем для оценки биомассы планктона при частоте излучения 38 кГц.

При объемном методе определения биомассы планктона учитывается вся совокупность организмов, отфильтрованных сетью, то есть суммарно зоо- и фитопланктон. В период рейсовых работ на всей исследуемой акватории доминировали одни и те же виды планктона (зоопланктон: *Rhincalanus gigas*, *Calanoides acutus*, *Calanus propinquus*; планктонные водоросли: *Thalassiotrix antarctica*, *Flagillariopsis* spp.). Размеры планктонных ракообразных колебались от 1,5 до 9 мм.

По причине видового постоянства организмов при проведении гидроакустической съемки биомасса планктона в слое 0-100 м оценивалась по полученному уравнению (1).

Количественная оценка полей плотности планктона проводилась одновременно с количественной оценкой рыбы (миктофид) при проведении комплексной микросъемки. В этот период скопления миктофид регистрировались в большинстве случаев на глубинах более 100 м. Режимы работы аппаратуры были следующие: ЕК-388 - те же, что и при калибровочных работах; СИОРС - усиление 15 дБ, порог (-12) дБ. Интервал интегрирования - 2 мили при средней скорости судна

10 узлов. Сетка галсов - прямоугольная. Интегрирование осуществлялось по пяти каналам: 0-100, 100-200, 200-300, 300-400, 400-500 м. Измерения количества планктона проводились по накоплениям первого канала (0-100 м) интегратора при отсутствии рыбных записей в данном слое. Величина накопления за одну посылку определялась из выражения

$$M_I = \frac{M_{\Sigma} \cdot V_0}{601 \cdot f_I} \cdot 10 \frac{\mu\text{к} - \mu\text{с}}{10}, \quad (4)$$

где M_{Σ} - накопление интегратора на интервале интегрирования;
 l - интервал интегрирования, мили;
 v_c - скорость судна, узлы;
 $f_{\text{и}}$ - частота следования импульсов, 25 имп/мин;
 M_k - усиление интегратора при выполнении градуированных работ, 25 дБ;
 M_c - усиление интегратора при выполнении съемки, 15 дБ.

По результатам съемки были построены планшеты распределения планктона (рис. 3) и миктофид (рис. 4). Результаты гидроакустических исследований достаточно хорошо согласуются с гидробиологическими показаниями. Отмечено удовлетворительное соответствие зон различной плотности. Различие в конфигурации зон одинаковой плотности объясняется разной степенью дискретности сбора данных различными методами. Так, гидробиологические данные брались через 5 миль, тогда как эхометрические измерения проводились непрерывно. Можно предположить, что результаты гидроакустических измерений более достоверно отражают реальную картину распределения. Анализ полей плотности миктофид (см. рис. 4) и сестона (см. рис. 3)

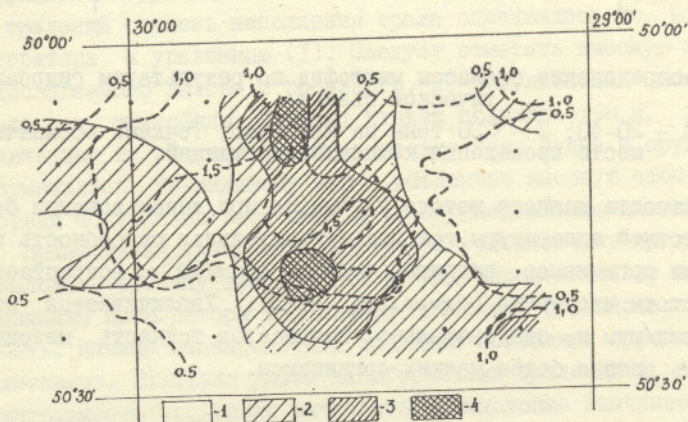


Рис. 3. Распределение биомассы планктона ($\text{г}/\text{м}^3$) в слое 0-100 м по результатам гидроакустических измерений (пунктирная линия) и ловов сетью Джеди:

1 - $< 0,5$; 2 - $0,5-1,0$; 3 - $1,0-1,5$; 4 - $> 1,5$

позволяет сделать вывод о их взаимосвязи. Как правило, максимальная плотность рыбных скоплений располагается по периферии пятен максимальной плотности планктона. Отмеченная взаимосвязь является лишь одним из факторов, характеризующих распределение рыб-планктофагов, которая наряду с другими позволит повысить точность прогноза.

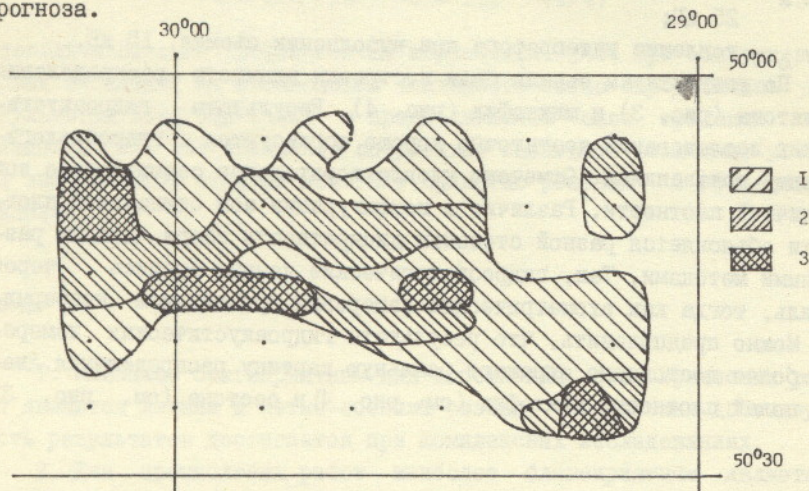


Рис. 4. Распределение биомассы миктофид по результатам гидроакустической съемки:

1 - > 40; 2 - 20-40; 3 - < 20 тонн на кв. миль. Точками обозначены места проведения комплексных станций.

Возможности данного метода улучшатся при использовании более высокочастотной аппаратуры, так как отражательная способность зоопланктонных организмов, например *Calanus marshallae*, возрастает с ростом частоты излучения (Greenlaw, 1977). Увеличивается отношение сигнал/шум и, следовательно, повышается точность метода и возможность оценки более мелких организмов.

Заключение

Проведенные исследования показали вполне удовлетворительное совпадение результатов измерений биомассы и распределения планк-

тона гидроакустическим и традиционным методами. В ряде случаев из-за большой дискретности гидроакустических измерений получена более детальная картина его распределения. Таким образом, данный метод может быть использован при проведении количественной оценки пространственного распределения планктонных организмов, а уравнение (3) - для определения их биомассы в исследованном районе, когда частота излучения эхолота составляет 38 кГц.

Список использованной литературы

- Киселев А. И. Планктон морей и континентальных водоемов. Т. I. - Л.: Наука, 1969. - 657 с.
- Тимохин А. Г. Замыкающиеся планктонные сети для вертикальных ловов мезопланктона // Современные методы количественной оценки распределения морского планктона. - М.: Наука, 1983. С. 158-172.
- Юданов К. И., Калихман И. Л., Теслер В. Д. Руководство по проведению гидроакустических съемок. М.: ВНИРО, 1984. - С. 77, 101.
- Яшнов В. А. Новая модель волюменометра для быстрого и точного определения планктона в экспедиционных условиях // Зоологический журнал. - 1959. - Т. 38, вып. II. - С. 1741-1743.
- Greenlaw C. F. Backscattering spectra of preserved zooplankton // J. Acoust. Soc. Amer. - 1977. - Vol. 62. - P. 44-52.
- Greenlaw C. F. Acoustical estimation of zooplankton populations // Limnol. Oceanogr. - 1979. - Vol. 24, N 2. P. 226-242.
- Johnson G. E., Griffiths W. B. Hydroacoustic surveys of zooplankton biomass and distribution in the Beaufort Sea in 1985 and 1986 // The International symposium on fisheries acoustics, June 1987. Seattle, WA 98105 USA. - P. 1-35.
- Kristensen A. Acoustic estimation of size distribution and abundance of zooplankton // J. Acoust. Soc. Am., August 1986. - Vol. 20, N 2. - P. 601-611.
- Takiguchi N. et al. Acoustic estimation of zooplankton density of acoustic scattering layer off the East Coast of Oshima Peninsula // Bulletin of the Faculty of Fisheries, Hokkaido University. - May 1988. - P. 115-123.