

Трудове на Института по океанология

Том 2. Варна 1998

Българска академия на науките

Експериментални изследвания на влиянието на фито- и зоопланктона върху скоростта на разпространение на звука в морската вода

Атанас В. Палазов, Христо Д. Слабаков, Снежана П. Мончева,
Асен С. Консулов, Траян К. Траянов

Институт по океанология, БАН (Варна)

Спсцифичното разпределение и концентрация на планктона в условията на стратификация и висока степен на еутрофикация водят до изменения на акустичните свойства на водните слоеве. Чрез изясняване на тези изменения на базата на измерване на акустичните свойства на морската вода може да се съди за пространственото разпределение, количествените и качествените закономерности на организацията и функционирането на биологичните съобщества.

Изясняването на възможността за прилагане на акустичните методи за изследване на разпределението на биотата е обект на проведените лабораторните експерименти.

Известно е (Бабий, 1983), че скоростта на разпространението на звука е функция на много променливи, характеризиращи състава и термодинамичното състояние на морската вода. Морската вода с приближение може да се разглежда като двукомпонентен разтвор - чиста вода и квазиеднородна сол.

За такава двукомпонентна или бинарна система броят на компонентите е $n=2$, а броят на независимите променливи, необходими и достатъчни за описание на състоянието, е 3. В действителност броят на достъпните, пряко измервани параметри на състоянието на морската вода K , е по-голям от 3.

Ако K са пряко измерваните параметри, то за пълното описание на състоянието на n - компонентна равновесна термодинамична система, може да се съставят не по-малко от

$$C_k n + 1 = k! / ((n+1)! * (k-n-1)!)$$

уравнения на състоянието, където $K > n$.

За морската вода е възможно да бъдат измерени пряко 13 параметъра: температура T , хидростатично налягане P , плътност ρ , топлопроводност, относителна електропроводимост C , скорост на разпространение на звука SV , показател на пречупване на светлината (скорост на светлината), диелектрическа проникваемост, соленост S , осмотично налягане, изотермична свиваемост, относителен

топлинен капацитет - изобарен, изохорен. Този брой параметри дава за бинарен модел на морската вода $C_{13}^3 = 286$ уравнения на състоянието. От тях в океанологията най-изучено е

$$\rho = \rho(T, S, P) \text{ или } \rho = \rho(T, C, P)$$

и респективно $SV = SV(T, S, P)$.

Влиянието на всеки от параметрите T , S , P върху скоростта на разпространение на звука е различно. От една страна, най-съществено влияние оказва изменението на температурата на водата (Шамрев, Шишкина, 1980), като зависимостта има параболичен характер. Доказано е, че скоростта на звука е линейна функция на солеността и хидростатичното налягане. От друга страна, влиянието на биологичните сгрупвания на морски планктонни организми (фито- и зоопланктон) върху скоростта на разпространение на звука не е изследвано, а изучаването му би дало възможност да се реши и обратната задача - изследване структурата на биологичното поле посредством изменението на акустичните характеристики.

През последните години нараства интересът към този въпрос, което се потвърждава в публикациите на Коган, Петрова (1984), Артемов (1983), Попов, Абзомелова, Матвеев, Савин (1988), Галкин (1988), Дремучев, Селиванов, Чспурин (1989), Кахру, Нымманн, Алликас (1989), Мозговой, Беккер (1991), Артемов (1991), Коган, Петрова, Слабинский (1987), Козбарь (1991), Love (1971), Card, Sims, Chant (1971), Krobelt (1976), съгласно които приложението на акустичните методи за изследване на пространственото разпределение на биологичните полета се осъществява чрез изучаване на:

- влиянието на биотата (фито- и зоопланктон) върху изменението на скоростта на разпространение на звука;
- разсейването на звука в зависимост от

концентрацията на фито- и зоопланктона;

- изменението на скоростта на звука и звукоразсейването на биологичното поле.

Проучването на зависимостта на скоростта на разпространение на звука от биомасата BM на фито- и зоопланктона $SV = f(BM)$, което е обект на това изследване, се осъществява по следната методика.

1. Моделиране на биомасата на фито- и зоопланктона, изразяващо се в:

- събиране на експериментален материал от фито- и зоопланктон посредством тралене с мрежа тип Джеди;
- филтруване на необходимото количество морска вода с цел отстраняване на фито- и зоопланктона;

- получаване на необходимите експериментални концентрации чрез смесване на експерименталния материал с филтрувана вода. При това, целта е да се получат концентрации в диапазона на регистрираните в естествени условия и малко извън него.

2. Измерване на температурата на моделираната среда, нейната соленост и хидростатично налягане.

3. Изчисляване на скоростта на разпространение на звука в морската вода SV_c , съгласно формулата на Чеп и Millero (1977).

4. Измерване скоростта на разпространение на звука SV_m в моделираната среда.

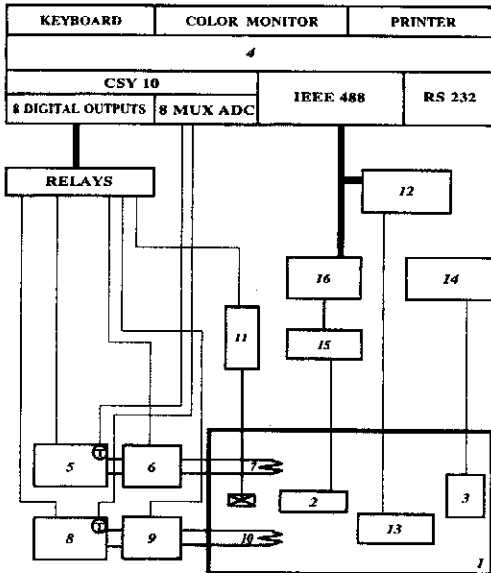
5. Определяне на разликата

$$SD = SV_c - SV_m$$

6. Определяне на зависимостта

$$SD = f(BM)$$

За провеждане на експериментите се използва автоматизираната система за метрологичен контрол на Института по океанология, блоковата схема на която е показана на фиг. 1. Изследваната морска вода се налива в стъклена вана I , в която е поставен датчикът за измерване на скоростта на звука 2 . Температурата на водата във ваната се поддържа с точност $0,005^\circ C$ от автоматизираната



Фиг. 1. Блокова схема на експерименталната установка

система под управлението на персонален компютър 4, чрез дозирано подаване или отнемане на количество топлина от нагриващ и охлаждащ тракт. Нагриващият тракт се състои от термостат 5, циркуляционна помпа 6 и топлообменник 7, а охлаждащият - от криостат 8, циркуляционна помпа 9 и топлообменник 10. Хомогенизацията на водата във ваната се постига с помощта на бъркалка 11. Персоналният компютър управлява двата тракта и бъркалката чрез специализиран интерфейс CSY 10. Измерването на температурата на ваната става чрез прецизен кварцов термометър 12, тип HP 2804A, чийто кварцов датчик 13 е потопен във водата, а на солеността - чрез соленомер 14, тип Minisal 2100.

Датчикът за измерване на скоростта на звука в морската вода 2 дава като изход честота, пропорционална на скоростта на звука. За подобряване на точността, тази честота се умножава 32 пъти от честотен умножител 15, след което се

измерва с помощта на универсален брояч 16, тип ISOT 9203. По важните характеристики на датчика са следните:

Принцип на действие:

Измерва времето, за което излъчената звукова вълна изминава фиксирано разстояние - база на датчика.

Обхват: от 1400 до 1550 *m/s*

Разрешаваща

способност: 0,025 *m/s*

Точност: $\pm 0,1$ *m/s*

Захранване: 12 V, 30mA DC

Изходен сигнал: синусоидален двуполярен сигнал с амплитуда 0,7 V, честота 12-16 kHz

Работна

температура: от -1 до 35°C

Работно налягане: max 60 MPa

Габарити: диаметър 70 mm, дължина 250 mm

Маса:

2,6 kg

Модел:

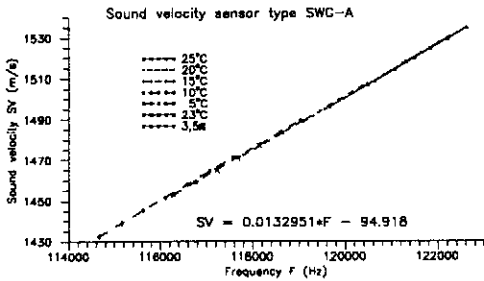
SWG - A
Institut fur
Meerskunde
Warnemunde
Германия

Измерваните величини се предават в персоналният компютър чрез специализираните интерфейси IEEE488 и RS232C, където се обработват. Преди началото на експеримента използваният датчик се калибрира, за да се установи връзката между измерените електрически сигнали и съответните им физически величини.

Известно е (Шмарев, Шишкина, 1980), че скоростта на звука в морската вода зависи от налягането, температурата и солеността. Тъй като целта на изследването е да се определи влиянието на фито- и зоопланктона върху скоростта на звука, калибрирането се извърши с помощта на симулирана среда, получена чрез разтваряне на морска сол в дестилирана вода, което позволява да се получи желаната соленост и гарантира отсъствието на планктон. Налягането в

работната точка е постоянно - 0,15 dB.

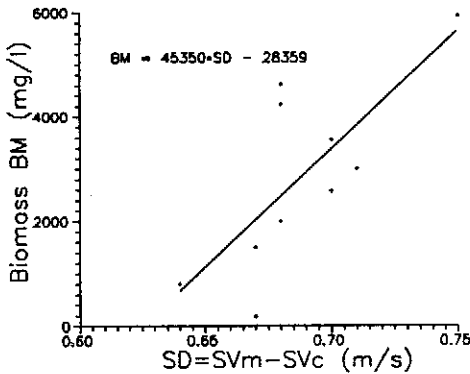
Датчикът за измерване на скоростта на звука в морската вода се калибрира в обхвата на солеността от 0,5 до 3,5‰, със стъпка 0,5‰ и на температурата - от 5 до 25°C, със стъпка 5°C. Така подобрите стойности съответстват на реално измерените в Черно море. Резултатите от проведената калибровка са показани



Фиг. 2. Калибровъчна характеристика на датчика за измерване на скоростта на разпространение на звука в морската вода

на фиг. 2.

Биомасата на фитопланктона в моделираната морска вода се определя чрез количествено изброяване по метода на Sournia (1978), като се използват индивидуалните тегла на отделните видове. Биомасата на зоопланктона се определя по метода на Димов (1959). Об-



Фиг. 3

щата биомаса се получава чрез сумиране на биомасите на фито- и зоопланктона. Като допълнителен критерий за количествена оценка на фитопланктона се използва флуорисценцията на хлорофил „a“, определяна с помощта на флуорометър TURNER DESIGNS Model 10-000R.

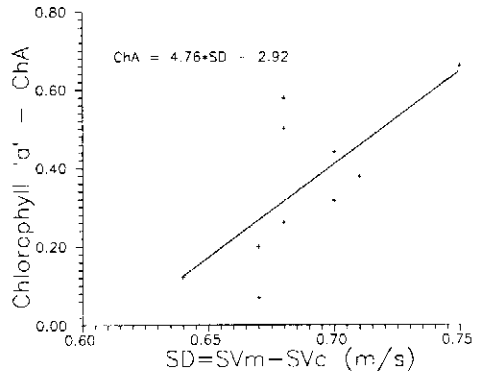
Проведени са общо три експеримента, резултатите от които са показани на фиг. 3 - 8.

При представяне на резултатите на абсисната ос е нанесена разликата между измерената скорост на звука и изчислената за съответните условия (без отчитане на влиянието на планктона), а на ординатната ос са нанесени биомасата или флуорисценцията на хлорофил „a“ в относителни единици (показания на прибора).

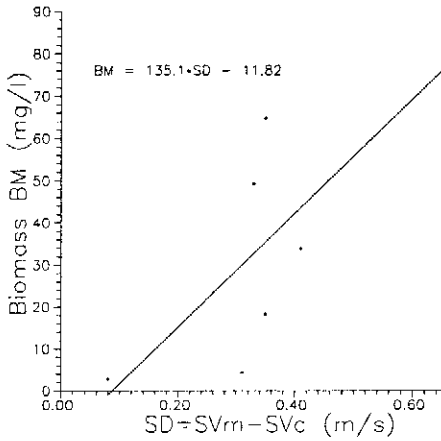
Експерименталните точки са отбелязани с помощта на знака +, а кривите или прави линии представляват графично представяне на зависимостите, които описват по най-добър начин връзката между изследваните параметри. В полето на графиките са показани и уравненията на получените зависимости.

Анализът на резултатите от проведените експерименти показва, че:

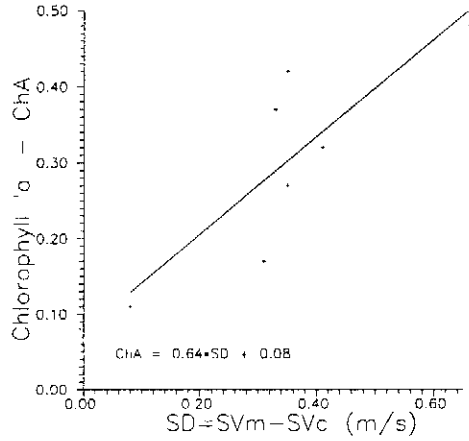
1. Влиянието на биомасата на фито- и зоопланктона, в обхвата на изследваните концентрации, върху изменението на скоростта на разпространение



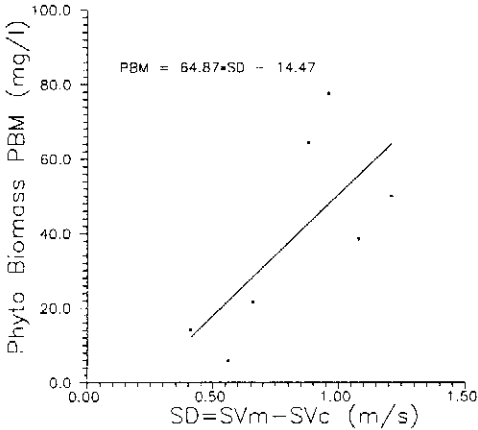
Фиг. 4



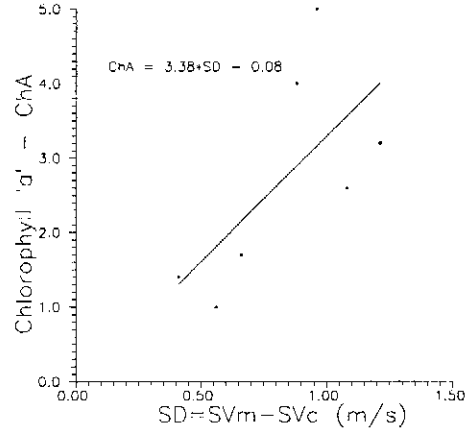
Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8

на звука в морската вода е незначително и съизмеримо с точността на използвания датчик - $\pm 0,1$ m/s.

2. Изменението на скоростта на разпространение на звука в зависимост от температурата и солеността на морската водата е много по-силно изразено, отколкото това на биомасата на фито- и зоопланктона в обхвата на изследваните концентрации, поради което скорост-

та на разпространение на звука самостоятелно не може да бъде използвана като показател за оценка на разпределението на биотата.

3. Чрез изследване влиянието на биомасата на планктона върху звукоразсейването е възможно да се приложат акустични методи за изучаване на разпределението на биотата, за което е необходимо да се направят допълнителни експерименти.

Литература

Шмарев, Ю. И., А. Шишкина. 1980. Океанология. Л. Гидрометеиздат. 283 - 292.

Бабий, В. И., 1983. Мелкомасштабная структура поля скорости звука в океане. Гидрометеиздат. 53 - 83.

Коган, В. Я., Е. В. Петрова. 1984. Экспериментальные исследования слоистой структуры океана акустическим методом.- Океанология (М.), XXIV, вып. 3, 525 - 531.

Коган, В. Я., Е. В. Петрова, А. М. Слабинский. 1987. Об акустическом методе исследования вертикального распределения дискретных мелких животных в океане.- Океанология (М.), XXVII, вып.3, 520 - 523.

Попов, Е. Д., Э. Х. Абзолилова, М. В. Матвеев, А. А. Савин. 1988. Некоторые результаты экспериментальных работ с гидроакустическим комплексом для измерения вертикального распределения скорости звука.- Океанология, XXVIII, вып.5, 871 - 874.

Кахру, М., С. Нымманн, Э. Алликас. 1989. Комплекс для изучения пространственного распределения планктона.- Океанология (М.), XXIX, вып. 4, 670 - 674.

Дремучев, С. А., В. Т. Селиванов, Ю. А. Чепурин. 1989. Использование акустического зонда в океанологических измерениях.- Океанология (М.), XXIX, вып. 4, 680 - 683.

Мозговой, В. А., В. Э. Беккер. 1991. Об объемном рассеянии звука в составе звукорассеивающих слоев в районе канарской котловины. - Океанология (М.), 31, вып. 3.

Артемов, Ю. Г. 1991. О зависимости звукорассеивающей способности личинок пузырных рыб от глубины.- Океанология (М.), 31, вып. 6, 942 - 943.

Козбарь, В. М. 1991. Уровни рассеяния звука и вероятной концентрации планктона и зоопланктонических рыб в тропической области северной Атлантики.- Океанология (М.), 31, вып. 6, 986 - 989.

Card, D. C., G. E. Sims, R. E. Chaut. 1971. Ultrasonic velocity of sound and void fraction in a bubbly mixture.- Trans. ASME D, 93, No 4, 619 - 623

Kroebe, W., K. H. 1976. Recent results of absolute sound velocity measurements in pure water at atmospheric.- Acoustic, 35, No 3, 154 - 164

Love, R. H. 1971. Dorsal aspect target strength of an individual fish.- JASA, 49, No 3, 816 - 829

Chen, F. G. Miller. 1977. Sound speed in sea water.- JASA, 62, 1129 - 1135

Experimental study on the relationship between phyto- and zooplankton biomass and sound velocity in sea water

A. Palazov, Ch. Slabakov, S. Moncheva, A. Konsulov, T. Trayanov
Institute of Oceanology, Bulgarian Academy of Sciences (Varna)

(Summary)

The specific pattern of distribution of phyto- and zooplankton biomass under eutrophication results in alteration in water masses acoustic properties. It has been suggested that the variability in the sound velocity through the water column could be used as an indicator of the pattern of

plankton biomass distribution. The experimental test reveal that, in the range of explored concentrations, the sound velocity in sea water is more sensitive to the variability of temperature and salinity than to the variability of plankton biomass.