

Э. И. МУСАЕВА

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СИФОНОФОР В ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ  
ИНДИЙСКОГО ОКЕАНА В ИЮЛЕ — НОЯБРЕ 1962 г.***Институт океанологии им. П. П. Шишова АН СССР*

Работа основана на материале (84 станции и 353 пробы сети Джеди), собранном в восточной части Индийского океана в июле — ноябре 1962 г. (и/с «Витязь»). Учитывались отдельные особи, из которых слагаются колонии сифонофор, так как целиком колонии в пробах встречаются очень редко. Картина распределения по площади примерно одинакова для всех горизонтов. Численность сифонофор увеличивается в экваториальной воде и у берегов. Слой воды 25 — 100 м оказался наиболее богатым сифонофорами. Наблюдается нечетко выраженная суточная миграция малой амплитуды. Днем происходит не только опускание сифонофор на глубину, но и их рассредоточение. Распределение сифонофор четко связано с распределением температуры воды. Сифонофоры предпочитают области быстрой смены температуры по глубине.

Сифонофоры широко распространены в планктоне Мирового океана. Большинство видов сифонофор — теплолюбивые животные, населяющие тропические, субтропические и бореальные воды. Различные представители этой группы могут служить индикаторами течений [7]. *Diphyes dispar*, *Chelophyes contorta*, *Hipporodius hipporoides* служат пищей рыб [5]. Некоторые виды играют важную роль в биологическом звуко-рассеянии. Бархэм [8] и другие исследователи, погружавшиеся на батискафе, показали, что иногда скопления сифонофор в толще воды являются основной причиной образования звукорассеивающих слоев.

**МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА**

Колонии сифонофор состоят из особей с различными функциями, расположенных вдоль столона, который может сокращаться. Колонии очень хрупкие и их невозможно выловить целыми стандартной сетью или тралом. Специальных орудий лова для сифонофор нет. Сифонофоры при прикосновении к ним посторонних предметов сбрасывают свои зооиды или полностью распадаются на части. Большинство особей при этом теряется через крупные ячей тралов.

Улавливаемые сетями наиболее мелкие и многочисленные особи обычно не привлекают внимание исследователей и поэтому изучены хуже крупных, улавливаемых тралами. Виды сифонофор и в траловых, и в сетных сборах почти одни и те же, но так как трал ловит крупных особей, а сеть — мелких, то полное представление о распределении того или иного вида без сетных сборов получить невозможно.

Эта работа основана на результатах камеральной обработки 353 проб сети Джом (диаметр входного отверстия 80 см, фильтрующего конуса — 113 см, сито — 38) с 84 станций по стандартным горизонтам 0—25, 25—50, 50—100, 100—200 и 200—500 м.

Учитывались отдельные особи, из которых слагаются колонии сифонофор. Эти особи бывают различных категорий и в связи с их различ-

чими функциями сильно различаются между собой. Мы в основном учитывали наиболее массовых и лучше других сохраняющихся в пробах нектофоров, но считали и других, если они сохранялись.

Нектофоры имеются у представителей подотряда *Physophorae* (кроме *Athorybia*) в количестве 1—400 экз. в колонии и у представителей подотряда *Calysophorae* в количестве 1—16 экз. (чаще 1—2). У третьего подотряда *Cystonectae* нектофоры отсутствуют.

### ГОРИЗОНТАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ

Для характеристики горизонтального распределения сифонофор была подсчитана средняя численность особей в  $1 \text{ м}^3$  для столба воды 0—200 м и для стандартных слоев облова.

Как видно из рис. 1, для столба воды 0—200 м распределение по площади не равномерно, но примерно одинаково для всех горизонтов.

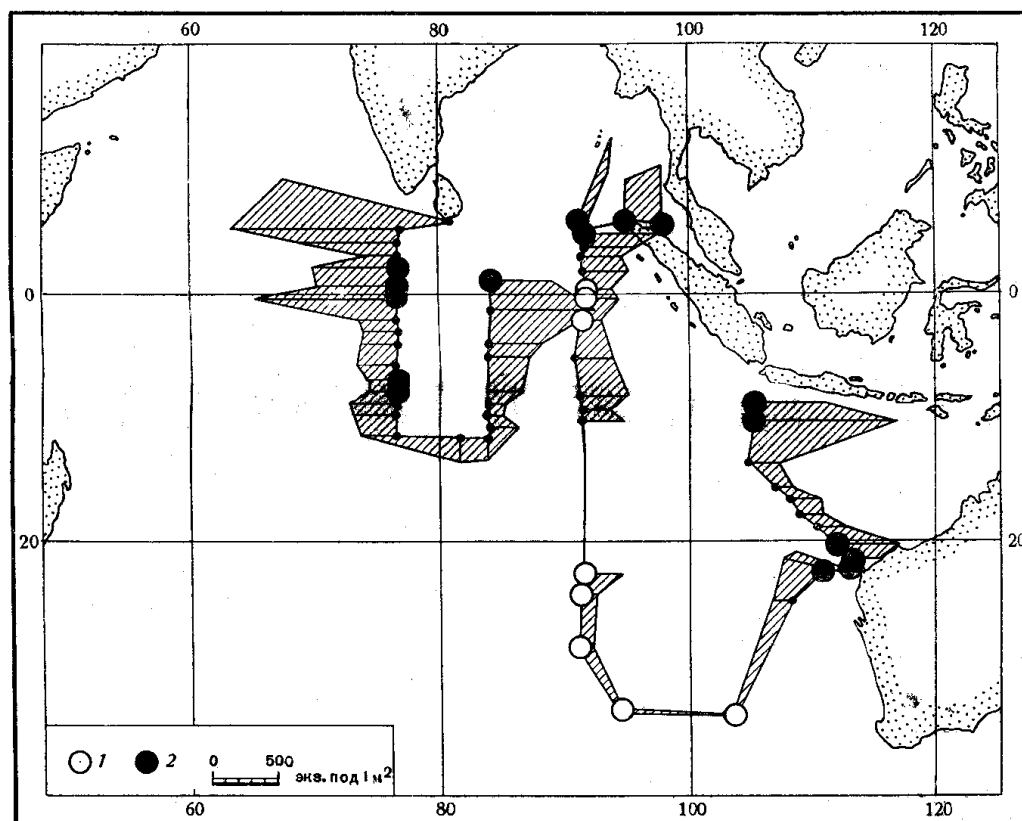


Рис. 1. Горизонтальное распределение сифонофор в слое воды 0—200 м и встречаемость звукорассеивающих слоев

1 — встречаемость звукорассеивающих слоев <50%; 2 — 100%-ная встречаемость звукорассеивающих слоев. Высота заштрихованных участков пропорциональна численности сифонофор

Численность увеличивается в экваториальной воде и у берегов, хотя и у экватора, и у берегов она не везде одинакова. Подобная особенность распределения наблюдается у других планктонных животных [1—3], но для сифонофор отмечается впервые.

Сравнивая карты встречаемости звукорассеивающих слоев [6] и численности сифонофор (рис. 1), можно отметить общее обеднение на юге исследуемого района. 100%-ная встречаемость звукорассеивающих слоев и максимальная численность сифонофор не везде совпадают по площади. Общее богатство отмечается к северу от экватора, к югу от о. Явы и к северо-западу от о. Суматра.

## ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И СУТОЧНАЯ МИГРАЦИЯ

Ловы проводились сетью Джеди до глубины 500 м, и в этом диапазоне глубин обычно слой 25—100 м оказывался более богатым сифонофорами. У самой поверхности и глубже 100 м сифонофор в большинстве случаев было меньше (таблица).

Вертикальное распределение сифонофор (экз. под 1 м<sup>2</sup>, среднее для гидрологических районов)

Глубина слоя, м	Воды Аравийского моря		Яванский район		Фронтальная зона	
	день	ночь	день	ночь	день	ночь
0—25	64	93	48	57	22	35
25—50	114	88	73	35	32	49
50—100	167	165	130	70	81	74
100—200	234	70	70	30	64	87
Σ, экз. под 1 м <sup>2</sup>	580	416	321	192	199	245

Более четкое представление о вертикальном распределении дает рассмотрение не всех популяций сифонофор, а их ядер. Если за 100% принять число особей сифонофор в облавливаемом слое (у нас 0—200 м, так как не на всех станциях брались пробы до 500 м глубины), то 25%-ный уровень — это глубина, выше которой поймано 25% всех сифонофор, а 75%-ный — глубина, выше которой поймано 75% всех сифонофор. Часть сифонофор, заключенная между глубинами, на которых находятся 25 и 75% их численности во всем облавливаемом столбе воды, т. е. 50% сифонофор, рассматривается как ядро [4, 9, 10]. Расстояние между этими двумя уровнями — растянутость ядра.

Количество особей было подсчитано в однородных по гидрологической структуре районах, причем учитывались все виды сифонофор на всех станциях в данном районе. Особенности гидрологии в пределах каждого выделенного района описаны нами ранее [6]. Здесь мы ограничимся рассмотрением трех районов.

1. Яванский — прибрежный район, занимающий акваторию между о. Явой и Австралией (до 22° ю. ш.).

2. Район вод Аравийского моря занимает Бенгальский залив, Андаманское море и северную часть Индийского океана. Его южная граница проходит по 2—8° ю. ш.

3. Район фронтальной зоны, прилегающей к предыдущему району, а южная его граница лежит на 15—18° ю. ш.

При изучении особенностей вертикального распределения и суточных миграций сифонофор для каждой станции послойно подсчитывалось число особей в процентах от количества их во всем столбе воды. В каждом районе были выделены дневные и ночные станции. Затем высчитывались средние результаты для каждого района отдельно для дня и ночи. Дневными считались станции, взятые от 06 до 18 ч, ночными — от 19 до 05 ч.

Рисунок 2 показывает наличие суточной миграции сифонофор в водах Аравийского моря (А) и Яванском районе (Б), где ночью у поверхности их было больше, чем днем. В районе фронтальной зоны (В) миграции не выражены.

Коэффициент интенсивности миграции ( $K_{200\%}$ ), вычисленный по методу Виноградова [4], оказался равным для вод Аравийского моря — 17%, для Яванского района — 11% и для фронтальной зоны — 5%.

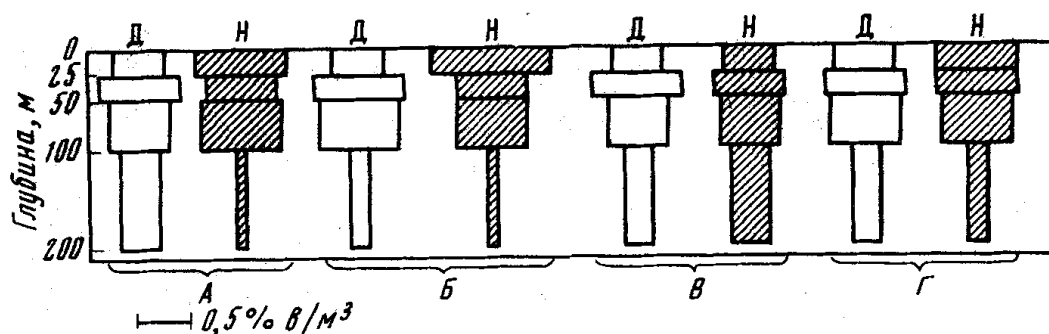


Рис. 2

Рис. 2. Суточная миграция сифонофор (по гидрологическим районам, % общего количества в слое воды 0—200 м)

А — район вод Аравийского моря; Б — Яванский район; В — фронтальная зона; Г — весь исследованный район в целом (Д — дневные, Н — ночные станции)

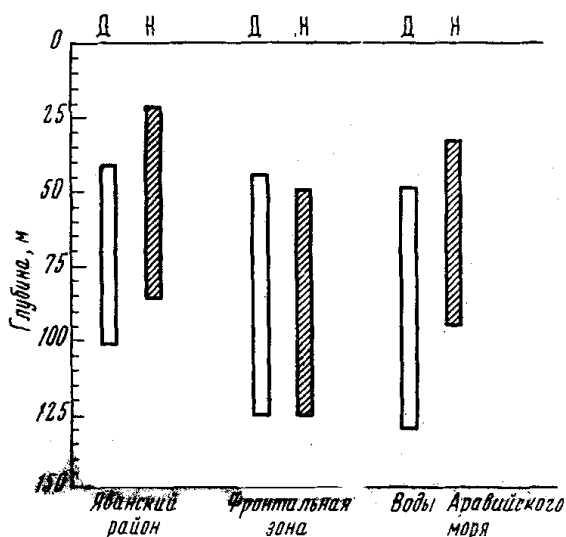


Рис. 3

Таким образом, оказывается, что интенсивность миграции тропических сифонофор в слое воды 0—200 м в общем довольно низка.

На рис. 3 представлено положение суммарного ядра популяции сифонофор в среднем для каждого изученного района для дня и ночи. Как видно из этого рисунка, ядро на протяжении суток почти не перемещается по вертикали. Слабый подъем к поверхности в ночное время наблюдается в Яванском районе и водах Аравийского моря, а во фронтальной зоне совсем нет никакого перемещения.

Ниже приводится величина растянутости ядер в среднем в течение суток для трех районов; видно, что растянутость почти не меняется в течение суток.

Район	День	Ночь
Яванский	62	65,4
Воды Аравийского моря	82	61,9
Фронтальная зона	81,5	76,5

#### СВЯЗЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СИФОНОФОР С ТЕМПЕРАТУРОЙ ВОДЫ

При рассмотрении температурных разрезов можно выделить два района. Первый район — разрезы по 77 и 84° в. д. (рис. 4) — чисто океанический. Отличается тем, что поверхностный слой теплый и однородный. Изотермы идут вдоль поверхности, лишь изредка нарушая это правило, температура верхних слоев одинакова вдоль разреза. Дальше вглубь идет слой с быстро убывающей температурой, причем быстрое убывание наблюдается до 15° изотермы, глубже — убывание температуры не такое быстрое.

Второй район — разрезы Ява-Австралия и по 91° в. д. (рис. 4). В районах субтропической конвергенции и тропической структуры по-

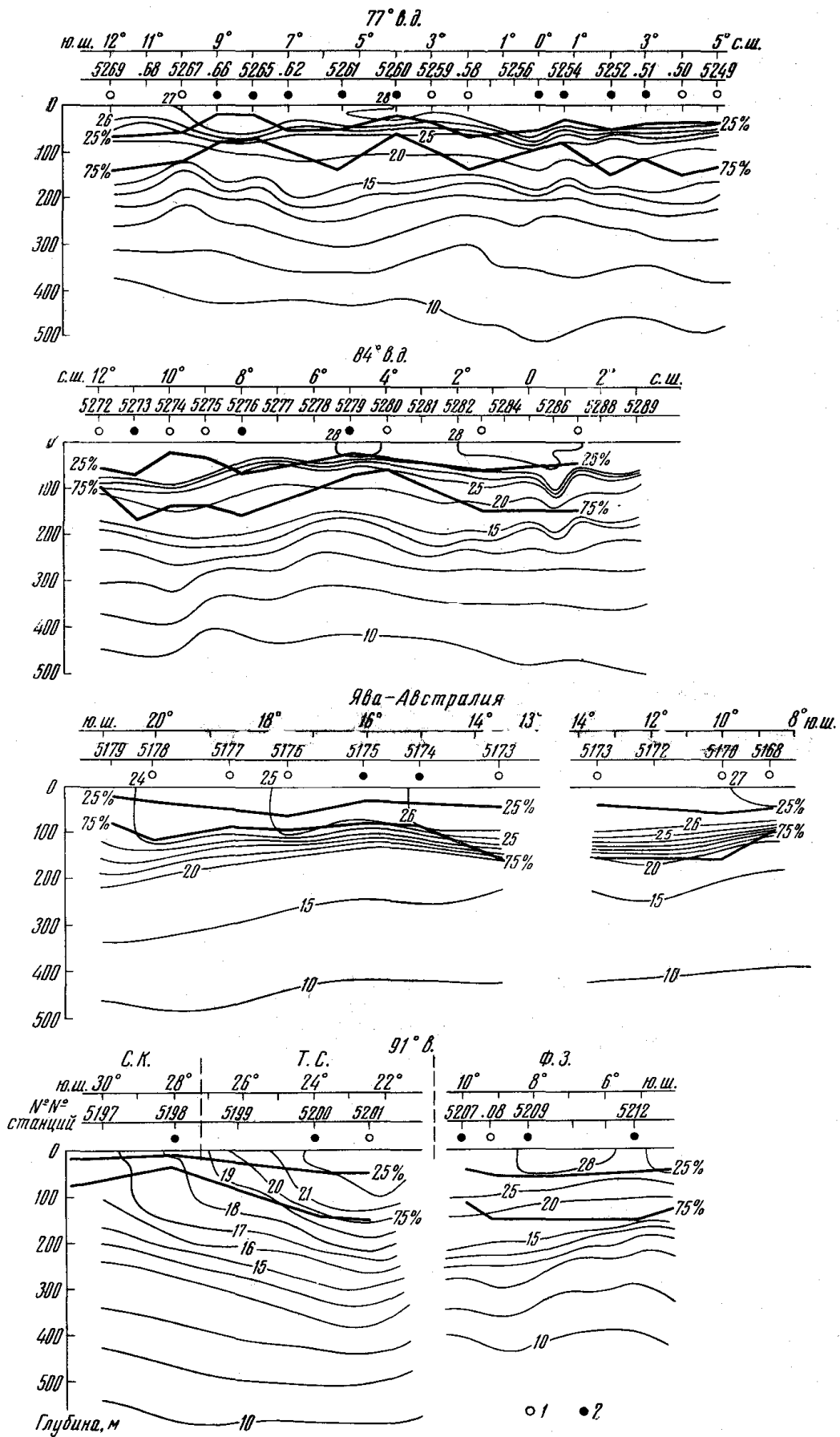


Рис. 4. Связь распределения сифонофор с температурой воды  
Показаны 25 и 75%-ные уровни. 1 — дневные станции; 2 — ночные станции

верхностная вода холодная и дальше к югу становится все холодней. На разрезе видно, что здесь у поверхности нет теплого слоя.

При сравнении температурных разрезов с положением 25 и 75%-ных уровней на всех разрезах видна одна и та же закономерность: основная масса сифонофор сосредоточена в слое воды с температурой выше 15—20°. В одно и то же время суток, даже на соседних станциях, глубина положения 25 и 75%-ных уровней может быть не одинакова. Было проверено, не связано ли это с подъемом или опусканием изотерм. При сопоставлении разрезов оказалось, что однозначной зависимости нет.

На разрезе по 91° в. д. видно, что в зоне субтропической конвергенции, где нет верхнего прогретого слоя и где сгущение изотерм доходит до самой поверхности, 25%-ный уровень поднимается до глубины 9—17 м. На соседних станциях, в области тропической структуры и фронтальной зоны, он находится приблизительно на 40 м. На этих же станциях в ночное время 75%-ный уровень находится на 37 м в районе субтропической конвергенции, а в районах тропической структуры и фронтальной зоны — на 138 м. На разрезе Ява — Австралия примерно та же закономерность.

В океаническом районе видно, что ядра популяций сифонофор в основном относятся к слою температурного градиента и 25%-ный уровень редко поднимается в верхний перемешиваемый слой.

Таким образом, сифонофоры в основном живут в области быстрой смены температуры по глубине, встречаясь и в верхнем перемешиваемом слое.

В заключение хочу выразить глубокую благодарность А. К. Гейнрих и К. В. Беклемишеву за ряд ценных советов и помощь в работе.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Богоров В. Г., Виноградов М. Е. 1961. Некоторые черты распределения биомассы планктона в поверхностных водах Индийского океана зимой 1959/60 г. МГГ. Океанол. исслед., 10, № 4.
2. Богоров В. Г., Воронина Н. М. 1967. Распределение биомассы планктона в продуктивном слое Индийского океана. Сб. «Биология и распределение планктона Южных морей». «Наука».
3. Виноградов М. Е., Воронина Н. М. 1962. Некоторые черты распределения зоопланктона Северной части Индийского океана. Тр. Ин-та океанол. АН СССР, 58.
4. Виноградов М. Е. 1968. Вертикальное распределение океанического зоопланктона. «Наука».
5. Волков А. Ф. 1970. Некоторые закономерности распределения планктона в юго-восточной части Тихого океана. Канд. дис. Тихоокеанск. н.-и. ин-т морск. рыбн. х-ва и океаногр., Владивосток.
6. Мусаева Э. И. 1965. Распределение макропланктона в восточной части Индийского океана в июле — ноябре 1962 г. Океанология, V, вып. 6.
7. Степаньянц С. Д. 1967. Сифонофоры морей СССР и северной части Тихого океана. «Наука».
8. Varham E. G. 1963. Siphonophores and the deep scattering layer. Science, 140, No. 3568.
9. Moore H. B., Owre H., Jones E. C., Dow T. 1953. Plankton of the Florida current. III. The control of the vertical distribution of zooplankton in the day-time by light and temperature. Bull. Marine Sci. Gulf and Caribbean, 3, No. 2.
10. Zalkina A. V. 1970. Vertical distribution and diurnal migration of some Cyclopoida (Copepoda) in the tropical region of the Pacific ocean. Marine Biol., 5, No. 4.

Поступила в редакцию  
31.VII.1970

E. I. MUSA E V A

**DISTRIBUTION OF SIPHONOPHORES IN THE EASTERN INDIAN OCEAN  
IN JULY THROUGH NOVEMBER 1962**

**S u m m a r y**

The paper is based on the data (84 stations and 353 samples collected with the Judy net) obtained in the eastern Indian Ocean in July — November, 1962 (R/V «Vityaz»). Account was taken of individual specimens making up siphonophore colonies since the whole colonies are encountered in the samples very seldom. Space distribution is almost the same for all the depths sampled. Siphonophore numbers grow in the equatorial water and near the shores. The 25 to 100 m layer has proved to be the richest in siphonophores. Diel migrations of small amplitudes are pronounced not distinctly enough. In the day-time siphonophores do not only sink but also spread in the water. The distribution of siphonophores is closely related to water temperature. Siphonophores prefer regions of a rapid alternation of temperature in depth.

---

# DISTRIBUTION OF SIPHONOPHORES IN THE EAST INDIAN OCEAN FROM JULY TO NOVEMBER 1962

E. I. Musayeva

This report is based on material collected in the east Indian Ocean from July to November 1962 (84 stations and 353 samples obtained with a Juday net) on the R/V Vityaz'. Account was taken of individuals forming Siphonophora colonies because whole colonies were very rarely found in the samples. The pattern of distribution is approximately the same for all layers. The abundance of siphonophores increases in equatorial waters and along the coast. The 25- to 100-m layer is richest in siphonophores. There is a vague diurnal migration of low amplitude. During the day the siphonophores not only sink into the deeper water but disperse. Their distribution is clearly related to water temperature. Siphonophores prefer regions where temperatures change rapidly with depth.

Siphonophores are common in the plankton of the World Ocean. Most species are thermophilic animals inhabiting tropical, subtropical, and boreal waters. The various forms of this group may serve as indicators of currents [7]. Diphyes dispar, Chelophyes contorta, and Hippopodius hippopus are food for fish [5]. Some species play an important role in biological sound scattering. Barham [8] and other investigators, who worked in a bathyscaphe showed that masses of siphonophores are sometimes the main factor responsible for the formation of sound-scattering layers.

## MATERIAL AND PROCEDURE

Siphonophora colonies consist of individuals with different functions positioned along a stolon that may contract. The colonies are very brittle and they cannot be collected intact with a standard net or trawl. There is no special gear available for siphonophores. When touched by foreign objects, they eject their zooids or break up into small units. Consequently, most individuals escape through the large mesh of trawls.

Since the very tiny and numerous individuals caught with nets usually do not attract investigators, they are less studied than large ones caught with trawls. Species found in trawl and net collections are virtually the same, but because a trawl catches large individuals and a net small ones, it is impossible to get a complete idea of a given species distribution without net collections.

This report is based on results of an office analysis of 353 samples obtained with a Juday net (diameter of mouth opening 80 cm, diameter of the filtering cone 113 cm, sieve 38) on 84 stations from standard depths of 0-25, 25-50, 50-100, 100-200, and 200-500 m.

Account was taken of individuals forming the Siphonophora colonies. These individuals belong to different categories and they differ considerably among themselves because they perform different functions. We considered mainly the most common and best preserved nectophores in the samples, but included other too if they were well preserved.

Nectophores are found in forms of the suborder Physophorae (except Athorybia), 1 to 400 individuals in a colony, and in forms of the suborder Calycophorae, 1 to 16 individuals (generally 1 or 2) in a colony. There are no nectophores in the third suborder Cystonectae.

## HORIZONTAL DISTRIBUTION

The average number of individuals per 1 m<sup>3</sup> in the 0- to 200-m layer and in standard swept layers was counted to describe the horizontal distribution of the siphonophores.



Table 1

Vertical Distribution of Siphonophores (Individuals under  $1 \text{ m}^2$ , Average for the Hydrological Regions)

Depth of layer, m	Arabian Sea		Java region		Frontal zone	
	day	night	day	night	day	night
0—25	64	93	48	57	22	35
25—50	114	88	73	35	32	49
50—100	167	165	130	70	81	74
100—200	234	70	70	30	64	87
$\Sigma$ , indiv. under $1 \text{ m}^2$	580	416	321	192	199	245

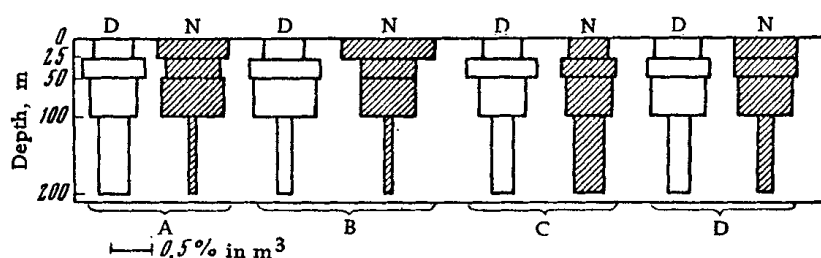


Fig. 2. Diurnal migration of siphonophores (by hydrological regions, % of the total number in the 0- to 200-m layer)

A) Arabian Sea region; B) Java region; C) frontal zone; D) region under study as a whole (D - daytime, N - nighttime stations)

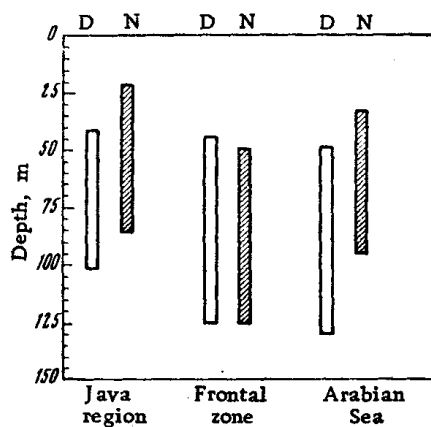


Fig. 3 Vertical distribution of the Siphonophora nucleus

D) day; N) night

1. Java - the coastal region between the island of Java and Australia (to 22° S).
2. The Arabian Sea region embracing the Bay of Bengal, Andaman Sea, and north Indian Ocean. Its southern boundary extends along 2 to 8° S.
3. The region of the frontal zone adjacent to the above region with its southern boundary at 15-18° S.

In studying the vertical distribution and diurnal migration of siphonophores layer by layer at each station, we calculated the number of individuals in percentages of their number in the entire water column. Daytime and nighttime stations were occupied in each region. Then the average results for each region were computed separately for daytime and nighttime. Stations occupied from 0600 to 1800 h were regarded as daytime and those from 1900 to 0500 h as nighttime.

Figure 2 shows the existence of diurnal migrations of siphonophores in the Arabian Sea (A) and Java region (B) where more of them were on the surface at night than during the day. Migrations were not clearly evident in the region of the frontal zone (C).

The coefficient of migration intensity ( $K_{200\%}$ ) computed by Vinogradov's method [4] was 17% for the Arabian Sea, 11% for the Java region, and 5% for the frontal zone. Thus, the intensity of tropical siphonophore migration in the 0- to 200-m layer is generally quite low.

Figure 3 shows the position of the entire Siphonophora population nucleus for each of the regions under study during the day and night. We can see that the nucleus scarcely shifts vertically in the course of a day. There is a slight rise at night in the Java region and Arabian Sea, but no movement at all in the frontal zone.

The average spread of nuclei in the course of a day in all three regions is shown below:

Region	Day	Night
Java	62	65.4
Arabian Sea	82	61.9
Frontal zone	81.5	76.5

It is obvious that there is little movement in the course of a day.

#### RELATIONSHIP BETWEEN SIPHONOPHORE DISTRIBUTION AND WATER TEMPERATURE

Two regions can be identified from an examination of temperature profiles. The first region, profiles along 77 and 84° E (Fig. 4), is purely oceanic. Its surface layer is warm and homogeneous. Isotherms extend along the surface, with only occasional exceptions. Temperature of the upper layers is uniform along the profile. Further down is a layer with temperature rapidly falling to the 15° isotherm; below this point the temperature does not fall as rapidly.

The second region is represented by the Java-Australia profile and the profile along 91° E (Fig. 4). The surface water is cold in regions of the subtropical convergence and tropical structure and becomes even colder farther south. It is evident from the profile that there is no warm layer here near the surface.

Comparison of the temperature profiles with the position of the 25 and 75% levels on all profiles reveals the same phenomenon: the bulk of siphonophores is concentrated in the layer with water temperature above 15 to 20° C. The depth of the 25 and 75% levels may be different at the same time of day, even at adjacent stations. A check was made to see whether this is related to the rise or fall of isotherms. Comparison of the profiles failed to disclose any clear-cut relationship.

The profile along 91° E shows that the 25% level rises to a depth of 9 to 17 m in the subtropical convergence zone, where there is no heated upper layer and where the isotherms are crowded towards the surface. This level is found at approximately 40 m at the neighboring stations in the region of the tropical structure and frontal zone. At the same stations the 75% level is found during the night at 37 m in the subtropical convergence zone and at 138 m in the regions of the tropical structure and frontal zone. The same pattern prevails on the Java-Australia profile.

It is obvious that in the oceanic region the nuclei of Siphonophora populations are confined mainly to the thermocline and that the 25% level rarely rises to the upper mixed layer.

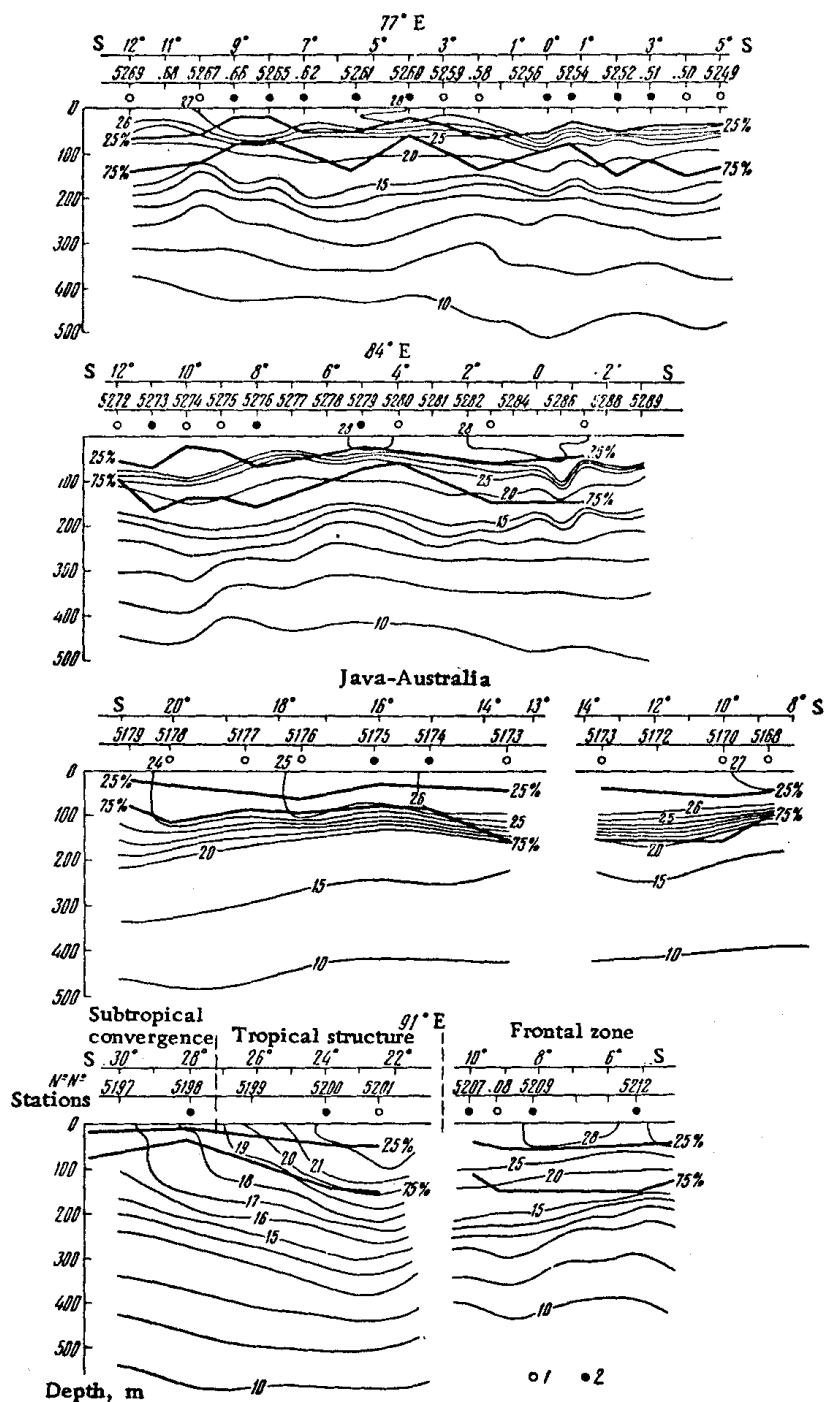


Fig. 4. Relationship between siphonophore distribution and water temperature

The 25 and 75% levels are shown: 1) daytime stations;  
2) nighttime stations

Thus, siphonophores live mostly in regions with a rapid change of temperatures with depth, although they are also found in the upper mixed layer.

The author is grateful to A. K. Geynrikh and K. V. Beklemishev for their valuable advice and help in this work.

#### REFERENCES

1. Bogorov, V. G. and M. Ye. Vinogradov. Some distribution features of plankton biomass in surface waters of the Indian Ocean in the winter of 1959/60. *MGG Okeanol. issled.*, 10, No. 4, 1961.
2. Bogorov, V. G. and N. M. Voronina. Distribution of plankton biomass in the productive layer of the Indian Ocean. In: *Biologiya i raspredeleniye planktona Yuzhnykh morey* (Biology and distribution of plankton in the southern seas). "Nauka", 1967.
3. Vinogradov, M. Ye. and N. M. Voronina. Some features of zooplankton distribution in the north Indian Ocean. *Tr. Inst. okeanol. Akad. nauk SSSR*, 58, 1962.
4. Vinogradov, M. Ye. *Vertikal'noye raspredeleniye okeanicheskogo zooplanktona* (Vertical distribution of oceanic zooplankton). "Nauka", 1968.
5. Volkov, A. F. Some patterns of plankton distribution in the southeast Pacific Ocean. Candidate's dissertation. Vladivostok, Tikhookeansk. n.-i. inst. morsk. rybn. khoz. i okeanogr., 1970.
6. Musayeva, E. I. Distribution of macroplankton in the east Indian Ocean from July to November 1962. *Okeanologiya*, 5, No. 6, 1965.
7. Stepan'yants, S. D. *Sifonofory morey SSSR i severnoy chasti Tikhogo okeana* (Siphonophores of the USSR seas and North Pacific Ocean). "Nauka", 1967.
8. Barham, E. G. Siphonophores and the deep scattering layer. *Science*, 140, No. 3568, 1963.
9. Moore, H. B., H. Owre, E. C. Jones, and T. Dow. Plankton of the Florida Current. III. The control of the vertical distribution of zooplankton in the daytime by light and temperature. *Bull. Marine Sci. Gulf and Caribbean*, 3, No. 2, 1953.
10. Zalkina, A. V. Vertical distribution and diurnal migration of some Cyclopoida (Copepoda) in the tropical region of the Pacific Ocean. *Marine Biol.*, 5, No. 4, 1970.

P. P. Shirshov Institute of Oceanology,  
USSR Academy of Sciences

Received July 31, 1970