

ПРОВ 98

АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ
им. А. О. КОВАЛЕВСКОГО

ПРОВ 2010

Пров. 1980

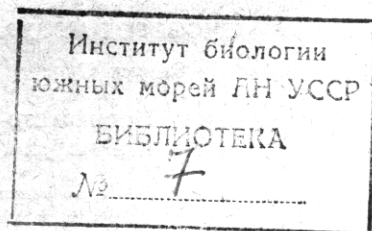
БИОЛОГИЯ МОРЕЯ

РЕСПУБЛИКАНСКИЙ
МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ СБОРНИК

Основан в 1965 г.

Выпуск 47

ИССЛЕДОВАНИЯ ИНДИЙСКОГО ОКЕАНА
И ЮЖНЫХ МОРЕЙ



КИЕВ «НАУКОВА ДУМКА» 1978

E. P. Bitjukov, V. I. Vasilenko,
Ju. V. Tokarev

ON SPECTRAL COMPOSITION OF BIOLUMINESCENT
FIELD IN THE BLACK AND MEDITERRANEAN SEAS
AND IN THE ATLANTIC OCEAN

Summary

The bioluminescent field spectrum is determined by means of a spectrobathyphotometer with three detectors. The spectrum maximum in the Black sea and in the tropical Atlantic is at 480 nm, the efficient band width at the level of 0.5 of the maximum being from 460 to 515 nm, and in the Mediterranean sea it is 10-15 nm shifted towards long-wave region. Spectrum composition of bioluminescent field is determined by species specificity of light emission of the studied bioluminescents and by their amount.

УДК 591.524.12:551.463.26

Э. П. Битюков, А. П. Иванова

**ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МАКРОПЛАНКТОНА
ЗВУКОРАСSEИВАЮЩИХ СЛОЕВ В СРЕДИЗЕМНОМ МОРЕ**

Известно, что макропланктон не только существенный элемент структуры пелагического сообщества, но является также серьезной помехой при работе акустических приборов. Однако о составе и развитии макропланктона и его влиянии на распределение звука в морях Средиземноморского бассейна собрано мало сведений. В основном они относятся к Адриатическому морю, где помимо регистрации звукорассеивателей с помощью эхолотации собирали пробы сетью Нансена [8]. В центральной и западной частях Средиземного моря проведены исследования распределения звукорассеивающих слоев, которые могут дать лишь частичную информацию об обилии макропланктона этих районов [3, 6, 7]. В связи со слабой изученностью макропланктона в качестве первого этапа работ была поставлена задача выявления общих черт его состава и количества в некоторых районах восточной и центральной частях Средиземного моря. Исследования проведены в осеннее время 1974 и 1976 гг. в 75-м и 80-м рейсах НИС «Академик А. Ковалевский» (табл. 1).

Макропланктон собирали при помощи 4-метровой модели разноглубинного трала Айзекса — Кидда, оснащенного капроновой делью с размером ячейки 4 мм. Методика вывода трала на нужную глубину описана ранее [4]. Продолжительность траления составляла 30 мин. Объем воды, обловленной тралом, оценивали на основании площади входного отверстия, скорости судна (3,5 узла) и продолжительности траления. Траление проводили в ночное и дневное время на 7 полигонах, на которых собрано 67 проб. Идентифицированных животных, выловленных тралом, измеряли и взвешивали. Определение рыб выполнила Э. М. Калинина. Полученный материал характеризует вертикальное распределение макропланктона в дискретных, сравнительно узких (до 15 м) слоях по показаниям бескабельного измерителя глубины погружения трала типа «Ленинград».

Наряду с этими работами определяли топографию звукорассеивающих слоев с помощью прецизионного самописца ФТАК «Ладога», подключенного к эхолоту НЭЛ-6 [3]. Оказалось, что в Средиземном море наиболее четко звукорассеивающие слои представлены в Ионическом и юго-восточной части Тирренского морей. На остальных участках этого бассейна интенсивность локации при фиксированной частоте 10 кГц была незначительной. Звукорассеивающие слои регистрировались только в ночное и сумеречное время. После захода солнца звукорассеивающий слой формировался на глубине 200—300 м; с усилением темноты он

перемещался к поверхности и в течение ночи находился в слое 0—150 м. В утренние часы опускался до 200—250 м и затем рассредоточивался. В результате эффект звукорассеивания при эхолокации прекращался.

Для акустических целей все фаунистическое многообразие населения пелагиали следует объединять по группам со сходными акустическими свойствами [1, 2], независимо от систематической принадлежности: животных со студенистым телом, мелких животных с хитиновыми или уплотненными покровами, животных с хитиновыми или кальцинированными включениями, мезо- и батипелагических рыб с газовыми пузырями и рыб без них.

Таблица 1

Районы тралений в Средиземном море

Дата	Море	Координаты	Время суток	Диапазон глубин траления м	Число тралений
10.11.74	Сардинское	39°00' с. ш.; 6°00' в. д.	Ночь	50—500	5
22.09.74	Балеарское	40°26' с. ш.; 2°41' в. д.	День	50—500	5
			Ночь	50—500	5
			День	50—500	5
31.08.74	Ионическое	35°58' с. ш.; 16°24' в. д.	Ночь	50—500	6
25.10.76	»	38°08' с. ш.; 16°38' в. д.	»	50—500	5
			День	50—500	5
16.10.76	Эгейское	36°10' с. ш.; 23°13' в. д.	Ночь	50—250	4
			День	50—500	5
30.10.76	Тирренское	38°32' с. ш.; 14°13' в. д.	»	50—500	5
			Ночь	50—500	5
17.11.76	Черное	43°07' с. ш.; 31°01' в. д.	День	50—150	4
			Ночь	50—150	4

В наших уловах обнаружено 24 вида животных со студенистым телом, лишенным прочной скелетной основы и уплотненных покровов — оболочниковых, медуз, сифонофор, хетогнат и некоторых других организмов. Животные с хитиновыми покровами представлены 42 видами — креветками, эуфаузидами и другими высшими ракообразными, создающими скопления на различных глубинах. Основная масса эфаузиид населяет верхние 500 м. Креветки обычно обитают глубже 150 м. Известно, что глубина залегания, скорость и пределы суточных миграций этих животных соответствуют скорости и диапазонам перемещений некоторых звукорассеивающих слоев.

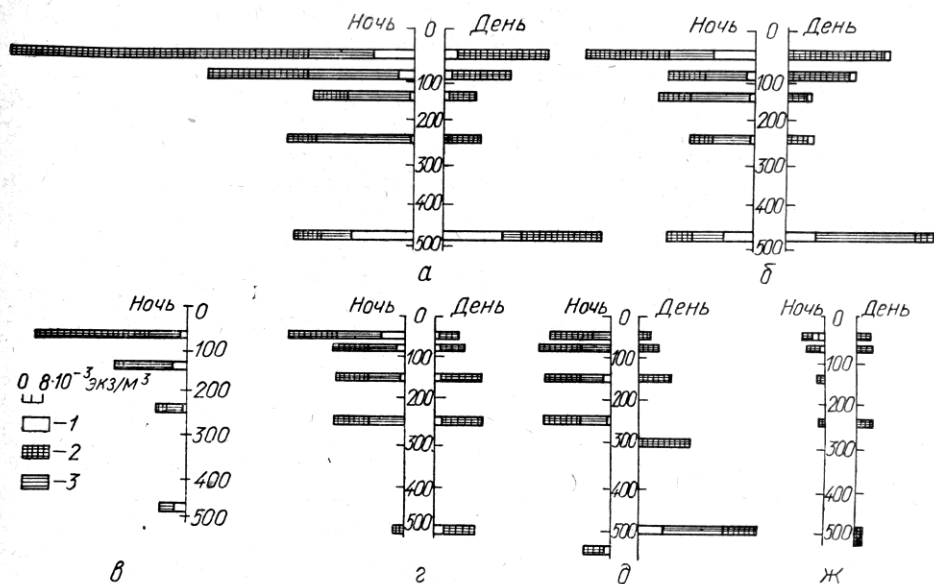
Существенную роль в пелагическом сообществе играют небольшие по размерам батипелагические рыбы, среди которых по акустическим свойствам необходимо особо выделить в качестве резонансных рассеивателей рыб, обладающих газовыми пузырями. Многочисленные представители семейств *Mystophidae*, *Gonostomidae* и другие широко распространены и часто достигают значительной концентрации. В наших уловах найдены представители 9 родов этих рыб. В слоях сильного рассеивания звука встречаются рыбы, лишенные газовых пузырей, из которых наибольшего распространения и концентрации достигают представители семейств *Stomiatidae*, *Sternoptychidae*, *Paralipidae*. В собранном материале встречены 8 родов таких рыб.

Пространственно-временные особенности процессов биологического продуцирования в различных участках Средиземного моря проявились в специфичности набора видов и их количественного развития (рисунок).

Рассмотрим перераспределение состава и численности макропланктона в результате суточной вертикальной миграции на примере Сардинского моря, в котором численность его в ночное время на глубине 50 м достигала максимальных величин (рисунок, а).

Вертикальное распределение макропланктона в Сардинском море изменялось на протяжении суток. Ночью основная масса организмов находилась в верхнюю 250-метровую толщу воды, концентрируясь в приповерхностных слоях, а днем опускалась глубже 500 м. Активными мигрантами оказались животные с хитиновыми покровами и рыбы.

Среди животных с хитиновыми покровами в ночное время в поверхностной 100-метровой толще наибольшей численности до $10 \cdot 10^{-3}$ экз/м³ достигали эуфаузииды *Euphausia eximia* и *Thysanopoda aequalis*. Численность амфипод (род *Scina*) и креветок (семейство *Sergestidae*) на глубине



Численность макропланктона по группам со сходными акустическими свойствами в Сардинском (а), Балеарском (б), в центральной (в) и северо-западной (г) части Ионического моря, в Тирренском (д) и Эгейском (ж) морях в осеннее время:

1 — рыбы, 2 — животные со студенистым телом, 3 — животные с хитиновыми покровами.

не 50 м достигала $5,2 \cdot 10^{-3}$ экз/м³, а на глубине 100 м этих животных было почти в 3,5 раза меньше. С увеличением глубины численность этих организмов уменьшалась и на глубине 500 м достигала $0,3 \cdot 10^{-3}$ — $0,5 \cdot 10^{-3}$ экз/м³. Наиболее частой формой становится эуфаузиида *Nematoscelis megalops*, которая не встречалась в верхней толще. На глубине 250 м ее численность достигала максимума — $22,5 \times 10^{-3}$ экз/м³. Аналогичное распределение наблюдалось у представителей семейства *Penaidae*. Остальные животные с хитиновыми покровами встречались в уловах единично.

В светлое время суток от поверхности до глубины 250 м не встречались эуфаузииды, креветки и представители рода *Scina*. Животные с хитиновыми покровами в этом слое представлены единичными экземплярами амфипод. Только на глубине 500 м численность *E. eximia*, *Th. aequalis* и *Scina crassicornis* составила для каждого вида около $0,5 \cdot 10^{-3}$ экз/м³. Очевидно, в процессе суточной вертикальной миграции основная часть популяций этих животных опустилась глубже 500 м. Аналогичное распределение наблюдалось у половозрелых креветок. Однако размах их перемещений оказался больше, чем у эуфаузиид и амфипод, поэтому на глубине 500 м их численность была в 5 раз меньше. В верхней толще воды обитали только личиночные стадии *Sergestidae*, численность их не превышала $0,5 \cdot 10^{-3}$ экз/м³.

Таким образом, макропланктонные животные с хитиновыми покровами оказались активными мигрантами, основная часть популяции кото-

рых поднималась в верхнюю 100-метровую толщу ночью и опускалась глубже 500 м в светлое время суток. По записям звукорассеивающих слоев, в период быстрого изменения уровня освещенности в утренние и вечерние часы скорость их перемещения приближалась к 5—7 м/мин, поэтому такую скорость можно считать свойственной этим животным.

Среди батипелагических рыб ночью в поверхностной 250-метровой толще воды наибольшей численности достигали рыбы с газовыми пузырями семейства *Myctophidae*. Например, на глубине 50 м их численность составила $15,1 \cdot 10^{-3}$, а глубже на 100 м не превышала $0,7 \cdot 10^{-3}$ экз/м³.

Основная часть популяций рыб из родов *Cyclothone* и *Vinciguerria* сосредоточивалась глубже 250 м; в уловах на глубине 50 и 100 м они отсутствовали. Число *Cyclothone* на 500 м достигало $22,9 \cdot 10^{-3}$ экз/м³, уменьшаясь на глубине 150 м в 22 раза. В светлое время суток рыбы семейства *Myctophidae* опускались до 500 м и глубже; на эти глубины мигрировали также представители *Cyclothone*. На глубине 250 м число рыб с газовыми пузырями составляло $0,06 \cdot 10^{-3}$ экз/м³, увеличиваясь на глубине 500 м в 300 раз. Очевидно, глубже число этих рыб было еще выше.

Численность рыб без газового пузыря на разных горизонтах составляла от $0,1 \cdot 10^{-3}$ до $0,3 \cdot 10^{-3}$ экз/м³. При этом представители родов *Stomias* и *Paralepis* поднимались ночью в верхние слои и опускались глубже 500 м днем; рыбы из рода *Argyrops* обитали только на глубине 250—500 м, а *Vrama* и представители рода *Argnognossus* встречались единично во всей толще воды.

Животные со студенистым телом в Сардинском море представлены 14 видами сифонофор, сальп, пирозом и других групп. Среди них большинство видов встречалось единично и только в уловах из верхних горизонтов. Наиболее многочисленными оказались сифонофора *Chelophyes appendiculata*, численность которой ночью на глубине 50 м достигала $107,6 \cdot 10^{-3}$ экз/м³, *Abylopsis tetragona*, *Hipporodius hipporoides* и оболочниковые *Salpa maxima*.

Численность *Ch. appendiculata* резко уменьшалась с глубиной. Ночью на глубине 150 м ее было меньше, чем на 50 м, почти в 60 раз, а днем в 15 раз. Это позволяет сделать вывод, что основная зона вертикального распределения *Ch. appendiculata*, в пределах которой она может совершать вертикальные перемещения, составляет 100—150 м. Аналогичное распределение наблюдалось у *H. hipporoides* и *Salpa maxima*. Однако количественное развитие этих сифонофор и сальп значительно меньше. Максимальная численность их не превышала $7,3 \cdot 10^{-3}$ экз/м³.

Размах вертикальных перемещений *A. tetragona* значительно выше. Ночью в верхнем слое численность сифонофоры соответствовала 10×10^{-3} экз/м³, а на глубине 500 м всего в 2,5 раза меньше. Днем ее численность на 50 и 100 м была близка к $5 \cdot 10^{-3}$ экз/м³, однако на глубине 500 м увеличилась почти в 4 раза. Очевидно, эту сифонофору следует отнести к активно мигрирующим формам с большим диапазоном перемещений.

Таким образом, в макропланктоне Сардинского моря можно выделить 3 группы — приповерхностные виды, не совершающие вертикальных миграций большого размаха; батипелагические виды, находящиеся на протяжении суток глубже 250 м, и интерзональные виды, совершающие в сумеречное время в период быстро меняющегося освещения вертикальные перемещения в пределах верхних 500—700 м со скоростью 5—7 м/мин. Из рисунка, иллюстрирующего вертикальную структуру макропланктона населения в Сардинском море, видно, что в ночные часы в верхней 150-метровой толще концентрируется около 70% численности всего макропланктона. Днем в результате миграции растет доля населения на глубинах 250—500 м. В перераспределении численности макропланктона основная роль принадлежит животным с хитиновыми покровами и рыбам.

Аналогичная структура вертикального распределения и ее динамика на протяжении суток наблюдалась в остальных исследованных районах

Средиземного моря (рисунок). При всех отличиях абсолютных значений количественного развития макропланктона отчетливо видна сходная тенденция в перераспределении населения в процессе суточной вертикаль-

Таблица 2

Численность ($\times 10^{-3}$ экз/м³) макропланктона на глубине 50 м в морях Средиземноморского бассейна

Группа организмов	Ионическое море		Сардинское море	Балеарское море	Тирренское море	Эгейское море	Черное море
	центрально- ная часть	северо-за- падная часть					
	Дата						
	31.08.74 г.	25.10.76 г.	10.11. 74 г.	22.09. 74 г.	30.10. 76 г.	16.10. 76 г.	17.11. 76 г.
Животные со студенистым телом	44,1	17,5	123,4	31,6	14,1	2,9	491,6
Животные с хитиновыми покровами	11,8	17,8	28,8	4,6	8,3	1,7	Нет
Рыбы с газовыми пузырями	1,5	1,6	15,1	12,9	0,2	2,8	Нет
Рыбы без газовых пузырей	1,0	6,9	0,3	2,4	0,1	0,1	0,1
Всего	58.4	43.8	167.6	60.8	22.7	7.5	491.7

Таблица 3

Состав массовых форм макропланктона в морях Средиземноморского бассейна

Вид	Ионическое море		Сардинское море	Балеарское море	Тирренское море	Эгейское море	Черное море
	центральная часть	северо-западная часть					
Hippopodius hippopus	+	+	+	+	+	+	—
Abylopsis tetragona	+	+	+	+	+	+	—
Chelophyes appendiculata	+	+	+	+	+	+	—
Agalma elegans	—	+	—	—	+	+	—
Aurelia aurita	—	—	—	—	—	—	+
Pelagia noctiluca	—	+	—	—	—	—	—
Pleurobrachia rhodopsis	—	—	—	—	—	—	+
Sagitta hexaptera	+	—	—	—	+	+	—
Salpa maxima	+	+	+	+	—	—	—
Thalia democratica	+	+	+	+	+	+	—
Stylocheiron abbreviatum	+	+	+	+	+	+	—
Thysanopoda aequalis	+	+	+	—	+	—	—
Nematoscelis microps	+	+	—	—	+	—	—
Euphausia eximia	+	+	+	+	+	+	—
Euphausia hemigibba	—	+	+	+	+	—	—
Penaidae	—	+	—	—	+	—	—
Sergestidae	—	+	—	—	+	+	—
Lampanictus sp.	+	—	+	—	+	—	—
Diaphus sp.	+	—	+	—	+	—	—

ной миграции. Ночью, в связи с подъемом в верхнюю 150-метровую толщу основной массы макропланктона, концентрация его в 1 м³ оказывалась достаточной для регистрации эффекта звукорассеяния. Днем, когда об-ласть обитания макропланктона из-за вертикальных перемещений увеличивалась, концентрация звукорассеивателей на всех горизонтах до 500 м в ряде районов оказывалась меньше в 2—4 раза, в результате чего зву-корассеяние в толще воды не регистрировалось [3].

Способностью основной массы макропланктона подниматься в тем-ное время суток в верхнюю толщу воды можно воспользоваться для оцен-

ки его количества в различных районах Средиземного моря. Численность основных групп макропланктона ночью на горизонте 50 м в осеннее время представлена в табл. 2, а видовой состав макропланктона, чья численность на этом горизонте превышает $0,5 \cdot 10^{-3}$ экз/м³ — в табл. 3.

Минимальные показатели развития макропланктона наблюдались в Эгейском море, в котором видовое разнообразие массовых макропланктонных организмов оказалось наименьшим (см. табл. 3). В западном направлении увеличивалось количество массовых видов и их численность. При этом в юго-восточной части Тирренского и северо-западной части Ионического морей, прилегающих к Мессинскому проливу, наблюдалось сходство видового состава макропланктона и сравнительно низкий уровень его развития. В остальных районах численность макропланктона была выше. Необходимо отметить, что высокие показатели численности макропланктона в Черном море обусловлены массовым развитием *Aurelia aurita* и особенно *Pleurobrachia rhodopsis*, численность которой достигла в поверхностном слое $488,0 \cdot 10^{-3}$ экз/м³.

Известно, что материалы, характеризующие интенсивность звукорассеивающих слоев, могут объективно отражать уровень биологического продуцирования экосистемы района [1, 5]. Принято считать, что районы, в которых днем не регистрируются звукорассеивающие слои, бедны макропланктоном. Поскольку такие слои на протяжении 75-го и 80-го рейсов НИС «Академик А. Ковалевский» в дневное время регистрировались в Ионическом, Сардинском и Балеарском морях и в них наблюдались сравнительно высокие показатели развития макропланктона, эти районы можно отнести к среднепродуктивным. Такой же уровень продуцирования характерен для Адриатического моря [8]. Остальную акваторию, по данным ультразвукового зондирования и абсолютным показателям развития макропланктона, следует считать олиготрофной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреева И. Б. Рассеяние звука в океанических звукорассеивающих слоях.— В кн.: Акустика океана. М., 1974, с. 497—558.
2. Андреева И. Б., Чиндонова Ю. Г. О природе звукорассеивающих слоев.— Океанология, 1964, 4, вып. 1, с. 112—124.
3. Битюков Э. П., Осадчий Н. Д. Результаты исследования пространственного распределения звукорассеивающих слоев в Средиземном море.— В кн.: Экспедиционные исследования в Средиземном море в 1974 г. К., 1976, с. 120—125.
4. Битюков Э. П., Шайда В. Г. О методике облова фауны звукорассеивающих слоев разноглубинным тралом.— В кн.: Экспедиционные исследования в Средиземном море в 1974 г. К., 1976, с. 125—128.
5. Пономарева Л. А. Мигрирующие звукорассеивающие слои в Атлантическом океане.— Океанология, 1974, 14, вып. 5, с. 907—911.
6. Frassetto R., Backus R. H., Hays E. Sound-scattering layers and their relation to thermal structure in the strait of Gibraltar.— Deep-Sea Res., 1962, 9, N 1, p. 69—72.
7. Frassetto R., Della Croce N. Observations of DSL in the Mediterranean.— Bull. Inst. Oceanogr., 1965, 65, N 1344, 16 p.
8. Vučetić T., Kačić I. Fluctuations of zooplankton and echotrace abundance in the Central Adriatic.— FAO Cons. gén. pêches Méditerr., 1973, N 53, p. 19—38.

Институт биологии южных морей
им. А. О. Ковалевского АН УССР

Поступила в редколлегия
27.08.77

E. P. Bitjukov, A. P. Ivanova

MAIN FEATURES OF MACROPLANKTON DISTRIBUTION IN THE SOUND-SCATTERING LAYERS OF THE MEDITERRANEAN SEA

Summary

The article deals with distribution of populations of mass microplankton species and groups of organisms possessing similar properties of sound scattering: animals with a gelatinous body, animals with chitin integuments, fishes with gas bladders and without

them. The material was collected by means of the Isaaks-Kidd sweep in the Black, Aegean, Ionic, Tyrrhenian, Sardinian and Balearic seas in the day light and at night at depths of 500 m in of autumns of 1974 and 1976.

Composition and quantitative ratio of species in different layers varied depending on their vertical migration. The number of species of fish, higher Crustacea and their amount in surface horizons increased at night. Species inhabiting the surface layer, interzonal species and those at a depth of above 250 m are distinguished.

УДК 577.7.74

В. Н. Степанов, Л. С. Светличный

НЕСТАЦИОНАРНАЯ МОДЕЛЬ ПОГРУЖЕНИЯ РАЗЛАГАЮЩЕГОСЯ ЗООПЛАНКТОНА

Математическое моделирование вертикального распределения отмершего зоопланктона может быть полезным при определении слоев моря, насыщаемых органическим веществом вследствие разложения организмов. Этот процесс можно представить как изменение их удельного веса и скорости пассивного погружения во времени и с глубиной.

В настоящей работе предпринята попытка рассчитать глубину погружения отмерших копепоид во время деструкции в условиях типичной для Черного моря и Тропической Атлантики стратификации воды и тем самым определить горизонты моря, на которых может происходить накопление органического вещества разлагающегося зоопланктона.

Процесс деструкции является нестационарным, так как удельный вес рачка γ и скорость его погружения v при разложении изменяются во времени τ . Попытаемся рассмотреть основные пространственно-временные связи явления деструкции по элементам: а) продолжительность деструкции рачка T_k определяется температурой воды t [2, 7], т. е. $T_k = f(t^\circ \text{C})$; б) удельный вес рачка изменяется со временем [4], т. е. $\gamma = f(\tau)$; в) во время деструкции рачки погружаются, вследствие чего необходимо учитывать изменение температуры и удельного веса морской воды как $t = f(z)$ и $\gamma_m = f(z)$; г) скорость погружения рачка при этом будет зависеть от удельных весов γ и γ_m , коэффициентов сопротивления ξ [5, 6], определяемых ориентацией рачка в пространстве и его формой, площади сечения, перпендикулярного направлению движения S и объема тела W , т. е.

$$U = f(\gamma, \gamma_m, \xi, S, W). \quad (1)$$

Характер типичного изменения функции v , t , γ и γ_m в зависимости от времени τ и глубины z показан на рисунке. Здесь имеется в виду, что время τ охватывает интервал от $\tau = 0$ до $\tau = T_k$, т. е. от начала процесса до его окончания. T_k характеризует прекращение изменения удельного веса отмершего рачка, т. е. считается, что при $\tau \geq T_k, v = \text{const}$.

За отрезок времени от 0 до T_k разлагающийся организм опускается с глубины z_0 (соответствует $\tau = 0$ и γ_0) до глубины z_k (соответствует T_k и γ_k). Вследствие изменения удельного веса рачка во времени и плотности морской воды с глубиной скорость погружения разлагающегося рачка будет изменяться от v_0 до v_k .

Как показывает анализ имеющихся в литературе данных [1, 3], распределение по глубине температуры (в градусах Цельсия) и удельного веса рачков γ_m (в граммах на кубический сантиметр) в Черном море и тропической части Атлантики может быть достаточно хорошо описано в виде

$$t(z) = t_0 e^{-kz}, \quad (2)$$

$$\sigma(z) = \sigma_0 + az^b, \quad (3)$$