

ПРОВ 2010

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

БИОЛОГИЯ МОРЕЯ

РЕСПУБЛИКАНСКИЙ МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ СБОРНИК

Основан в 1965 г.

ВЫПУСК 37

ПРОДУКЦИЯ И МЕТАБОЛИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ
У МОРСКИХ ОРГАНИЗМОВ

Институт биологии
южных морей АН УССР

БИБЛИОТЕКА

№ 12

КИЕВ «НАУКОВА ДУМКА» 1976

C. helgolandicus со средней скоростью 6 см/сек заключено в пределах от 4,3 до 34 при равномерном движении рачка и от 12,6 до 117 в случае неравномерного движения, когда максимальная скорость, развиваемая рачком, равна 15,4 см/сек.

ЛИТЕРАТУРА

- Зубов Н. Н. Океанологические таблицы. Л., Гидрометиздат, 1957.
Кляшторин Л. Б., Яржомбек А. А. Об энергетических затратах на активное движение у планктонных организмов.— Океанология, 1970, т. 13, вып. 4.
Павлова Е. В., Царева Л. В. Движение *Calanus helgolandicus* (Claus) по данным киносъемки.— Биология моря, вып. 33. К., «Наукова думка», 1975.
Патрашев А. Н. Гидромеханика. Л., Гидрометиздат, 1953.
Петина Т. С. О среднем весе основных форм зоопланктона Черного моря.— Тр. Севаст. биол. ст., т. 9, 1957.
Петина Т. С. Суточный расход и накопление жира у *Calanus helgolandicus* (Claus) в Черном море.— ДАН СССР, 1964, т. 156, № 6.
Петина Т. С. Об энергетическом балансе у *Calanus helgolandicus* (Claus) в Черном море.— В кн.: Физиология морских животных. М., «Наука», 1966.
Петина Т. С. Скорость миграций у *Calanus helgolandicus* (Claus).— В кн.: Биология и распределение планктона южных морей. М., «Наука», 1967.
Степанов В. Н., Светличный Л. С. О результатах моделирования пассивного движения *Calanus helgolandicus*.— В кн.: Биология моря, вып. 33. К., «Наукова думка», 1975.
Степанов В. Н., Светличный Л. С. О гидродинамике мелких морских животных. Постановка задачи и некоторые методы. Там же.
Суцены Л. М. Интенсивность дыхания ракообразных. К., «Наукова думка», 1972.
Шулейкин В. В. Физика моря. М., «Наука», 1968.
Bainbridge R. Underwater observations on the swimming of marine zooplankton.— J. Mar. biol. Assoc., 1952, v. 31, N 1.
Vlymen V. J. Energy expenditure of swimming copepods.— Limnol. Oceanogr., 1970, v. 15, N 3.

Институт биологии южных морей
АН УССР, Севастополь

Поступила в редколлегию
20.I 1975 г.

Е. В. Павлова, Л. В. Царева

ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРА СОСУДА НА ДВИГАТЕЛЬНУЮ АКТИВНОСТЬ *CALANUS HELGOLANDICUS* CLAUS И *PLEUROBRACHIA RHODOPIS* CHUN

Вопрос о влиянии размера сосуда на степень двигательной активности возник в связи с необходимостью решить две задачи:

- 1) в какой степени содержание планктонных животных в лабораторных сосудах по мере увеличения их объема может ограничивать движение и каково соотношение времени, затрачиваемого на активное поступательное движение, и времени, в течение которого такого движения не наблюдается;
- 2) какова подвижность животных в малых сосудах, которые обычно используются при измерении величин потребляемого кислорода, за период четырехчасовой экспозиции. В качестве объектов для наблюдений были выбраны два вида планктонных животных, массовых в Черном море, — *Calanus helgolandicus* и *Pleurobrachia rhodopsis* (по Наумову, 1968). В ранее опубликованной статье было отмечено, что скорость движения черноморского калануса в объемах 0,1 и 1,0 л отличается при разных видах движения (Павлова, Царева, 1975). Но применяя киносъемку, как это было в указанной работе, трудно сопоставить время, расходуемое на тот или иной вид движения, и время, в течение которого животное находится в мало-подвижном состоянии, за относительно большой отрезок времени (например, час).

С помощью визуальных наблюдений и регистрации времени по секундомеру в аквариумах объемом 0,04; 1,0 и 12—20 л были определены виды двигательной активности и соотношение времени активного поступательного движения и времени, когда такового нет, у взрослых самок *C. helgolandicus* размером 3,5 мм и *P. rhodopis* диаметром тела 0,7 см. Наименьший по размеру аквариум представлял собой широкогорлую склянку с круглым основанием, все остальные аквариумы имели кубическую форму.

В каждом аквариуме проведено по два наблюдения в течение часа при 60—120 регистрациях за час. При чем регистрировалось: состояние поступательного движения, когда было налицо активное перемещение животных, и состояние, когда они не совершали видимого поступательного движения, а парили в толще воды, лежали на дне аквариума, не будучи при этом абсолютно неподвижными. Вода, которой заполнялись аквариумы, фильтровалась через двойной фильтр № 6; в каждый сосуд помещалось по одному животному. При проведении наблюдений с одним видом время суток, освещенность, температура воды и физиологическое состояние животных были одинаковыми. Наблюдения проводились днем при рассеянном дневном освещении над животными, утром выловленными из моря и адаптированными к данному объему в течение часа. Животные в лаборатории не подкармливались. При определении длины скачков у калянуса и пути при движении гребневиков примерное расстояние от начальной до конечной точки измерялось с помощью линейки.

Чтобы судить о степени изменения подвижности у калянуса и гребневика за 4 ч пребывания в самом малом по объему сосуде, наблюдения и измерения были проведены в первый и четвертый час после помещения туда животных.

***Calanus helgolandicus*.** Наблюдения проводились в трех аквариумах объемом 0,04; 1,0 и 12,0 л при температуре 16,5°С и позволили выделить

Виды двигательной активности у *Calanus helgolandicus*

Двигательная активность	12,0*		1,0*
	Время	%	Время
Поступательное движение	25 мин 39 сек 36 » 46 »	52,0	12 мин 06 сек 23 » 55 »
Равномерное движение	10 » 32 » 4 » 20 »	12,4	3 » 12 » 8 » 06 »
«Подскоки»	5 » 05 » 27 » 41 »	27,3	1 » 04 » 7 » 12 »
Мелкие скачки	1 » 58 » 1 » 04 »	2,5	2 » 05 » 2 » 07 »
Большие скачки	8 » 04 » 3 » 41 »	9,8	5 » 45 » 6 » 30 »
Отсутствие поступательного движения	34 » 21 » 23 » 14 »	48,0	47 » 54 » 36 » 05 »
Лежит на дне	20 » 40 » 17 » 11 »	31,5	38 » 56 » 23 » 29 »
«Топчется»	13 » 36 » 5 » 53 »	16,3	8 » 16 » 12 » 22 »
Пассивное падение	0 » 05 » 10 » 10 »	0,2	0 » 42 » 0 » 14 »

* Объем сосуда, л.

** Первый час опыта.

*** Четвертый час опыта.

три вида движения взрослых калянусов: 1) поступательное движение с помощью скольжения или небольших скачкообразных движений (равномерное движение), 2) «подскоки» — одиночные скачкообразные движения в вертикальном направлении при ориентации тела вверх головогрудью, за которыми следует кратковременное пассивное падение; видимого продвижения вперед при таком движении не отмечено, 3) поступательное движение мелкими скачками на расстояние 2—8 см или крупными скачками на расстояние около 9—15 см (скачкообразное движение). При отсутствии активного поступательного движения калянусы либо лежат на дне или висят у стенок аквариума, периодически приподнимая туловище или едва заметно подергивая телом (как бы «топчутся на месте»), либо парят в толще воды, пассивно опускаясь вниз абдоменом с расставленными II антеннами, под действием силы тяжести.

В каждом из аквариумов проведено по два наблюдения в течение часа, результаты которых представлены в табл. 1. В аквариуме объемом 12 л общее время, затрачиваемое на движение, увеличивается в четыре раза по сравнению с аквариумом объемом 0,04 л. Время, расходуемое на равномерное движение, по мере увеличения объема от 0,04 до 1,0 и далее до 12 л повышается в 12 раз. Время на «подскоки» увеличивается в четыре раза при изменении объема воды от 1,0 до 12 л, тогда как время, затрачиваемое на мелкие скачки, во всех объемах одинаково; большие скачки наблюдались только в аквариумах наибольшего размера — 1,0 и 12 л. Протяженность скачков была различной, она ограничивалась размерами аквариума: в 12-литровом большие скачки имели протяженность в среднем 15 см, а в объеме 1,0 л были возможны лишь на 8—10 см. Длина скачков и их количество в каждом из аквариумов приведены в табл. 2.

При сравнении времени, затрачиваемого на состояние относительного покоя, когда нет активного поступательного движения, в разных по объему

Таблица 1

в сосудах разного объема за час наблюдения (16,5 °C)

%	0.04*			
	Время**	%	Время***	%
30,1	6 мин 55 сек 7 » 25 »	11,9	5 мин 11 сек 5 » 55 »	9,3
9,5	0 » 40 » 0 » 20 »	0,8	0 » 35 » 0 » 15 »	0,7
6,9	4 » 46 » 6 » 10 »	9,1	4 » 21 » 5 » 00 »	7,8
3,5	1 » 29 » 0 » 55 »	2,0	0 » 15 » 0 » 40 »	0,7
10,2		0		0
69,9	53 » 05 » 52 » 35 »	88,1	54 » 49 » 54 » 05 »	90,7
52,0	48 » 42 » 48 » 15 »	80,8	42 » 09 » 39 » 03 »	67,6
17,2	4 » 20 » 3 » 40 »	6,7	12 » 40 » 15 » 00 »	23,1
0,8	0 » 03 » 0 » 40 »	0,6	0 0 » 02 »	0,06

аквариумах наблюдалась обратная картина: меньше всего времени на это состояние калянусы затрачивают в самом большом аквариуме (48%), в самом малом — почти вдвое больше — 88%. Продолжительность пассивного парения у калянусов несколько сокращалась с увеличением размеров аквариумов и составляла в течение часа около 1%.

Соотношение времени, затрачиваемого на активное поступательное движение, и времени, когда такого движения не наблюдается в течение часа, в сосудах объемом 0,04 л в первый час наблюдения можно оце-

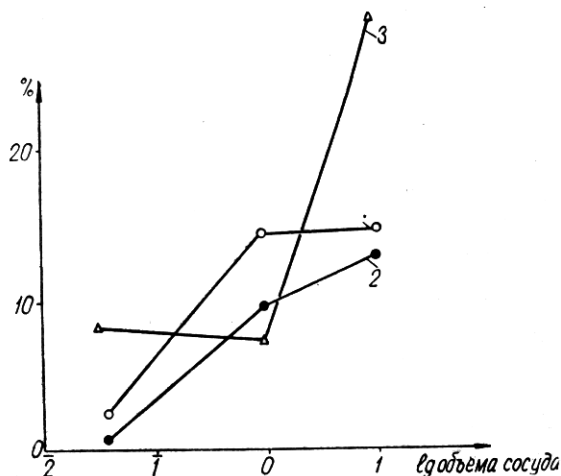


Рис. 1. Изменение времени, затрачиваемого на поступательное движение в течение часа (%) самками *Calanus helgolandicus* в сосудах, различных по объему воды (л):

1 — скачкообразное движение, 2 — равномерное движение, 3 — «подскоки».

времени на движение. С увеличением объема воды в аквариуме, как видим, повышается доля времени, затрачиваемого на активное поступательное движение. Для *C. helgolandicus* это происходит как за счет увеличения времени на равномерное, так и на скачкообразное движение (рис. 1).

Сравнивая двигательную активность калянуса в самом малом объеме при наблюдении в начале и конце 4-часовой экспозиции можно видеть, что процент времени, затрачиваемого на поступательное движение, к четвертому часу опыта уменьшается (см. табл. 1). В основном это относится к скачкообразному виду движения, а время, затрачиваемое на состояние, при котором не наблюдается активного поступательного движения, несколько повышается.

***Pleurobrachia rhodopis*.** Наблюдения за двигательной активностью черноморских гребневиков проводились в аквариумах, объемом 0,04; 1,0 и 20 л. Температура во всех случаях равнялась 15° С. В указанных объемах было выделено два вида поступательного движения: чаще всего гребневики двигались вверх и вниз по всей толще воды (движение по вертикали), иногда наблюдалось движение в сторону или по кругу в одной плоскости (движение по горизонтали). Когда активного поступательного движения не было, животные либо парили, опускаясь вниз под действием силы тяжести, не двигая гребными пластинками, либо висели в толще воды, чаще всего с распушенными ловчими щупальцами, либо лежали на дне или находились у стыка стенок аквариума, активно работая гребными пластинками. Соотношение по времени всех отмеченных видов двигательной активности у *Pl. rhodopis* представлено в табл. 3. В течение часа наблюдений гребневик большую часть времени затрачивает на движение вниз, вдвое

Таблица 2

Число скачков разной длины у *Calanus helgolandicus* в сосудах трех объемов (среднее из двух часовых наблюдений)

Длина скачков, см	Объем сосуда, л		
	0,04	1,0	12,0
15	0	0	1—2
10	0	2	0
5—8	0	3	4
2—4	7	10	5—8

нить как 0,2 : 1,8, во второй час — 0,1 : 1,9. В 1-литровом аквариуме это соотношение сдвигается несколько в сторону поступательного движения — 0,6 : 1,4. В самом большом аквариуме это соотношение можно оценить как 1 : 1 с небольшим превышением

меньше — на подъем, что, как показано ниже, связано с различными скоростями. Движение по горизонтали занимает по времени наименьшую часть.

С увеличением объема воды в аквариумах от 0,04 до 20 л время, затрачиваемое на активное поступательное движение, значительно повышается. Время, расходуемое на движение в вертикальном направлении (спуск и подъем) в аквариуме 20 л, по сравнению с 1,0 л, повышается в восемь раз; на движение по горизонтали — в семь раз. Соотношение поступательного движения в вертикальном и горизонтальном направлениях при разных объемах воды в аквариумах графически изображено на рис. 2. Повышение времени, затрачиваемого на поступательное движение, с увеличением размеров аквариума происходит в большей степени за счет движения в вертикальном направлении. Время, когда животное не совершает активного поступательного движения, в самом большом аквариуме почти вдвое меньше, чем в самом малом. Пассивное падение у гребневиков наблюдалось только в аквариуме объемом 20 л.

Соотношение времени, затрачиваемого на активное поступательное движение, и времени, когда такого движения нет, в разных аквариумах можно оценить следующим образом: в самом малом объеме в первый час наблюдения — 0,2 : 1,8, в четвертый — 0,02 : 1,98; таким образом, в сосудах объемом 40 мл гребневика размером 0,7 см практически не двигаются. В 1,0 л аквариуме указанное соотношение будет: 0,1 : 1,9, в 20 л — 1 : 1.

При визуальном наблюдении над гребневиками, благодаря относительно медленному передвижению, удалось примерно определить скорость их поступательного движения в вертикальном и горизонтальном направлениях. Как видно из табл. 4, при движении сверху вниз средняя скорость движения в 20 и 1-литровых аквариумах одинакова, в самом малом (0,04 л) — уменьшается вдвое, а максимальная скорость движения снижается примерно в 10 раз. Скорость движения при подъеме в двух больших аквариумах вдвое больше средней скорости при спуске. В объеме 0,04 л скорость при подъеме и при спуске примерно одинакова и в три — пять раз меньше скорости при подъеме в больших аквариумах (табл. 4).

Приведенные измерения и наблюдения показывают, что как взрослые калянусы, так и гребневика размером 0,7 см в значительной степени способны повышать свою двигательную активность при увеличении объема аквариума. Причем у калянуса происходит постепенное увеличение времени, расходуемого на активное поступательное движение, от малого объема — 0,04 л к большому — 12 л, а гребневика способны повысить резко свою активность только при увеличении объема до 20 л (рис. 3). Вероятно, для каждого вида существует некий нижний предел объема, в котором он может начать более активно двигаться. В данном случае для калянусов это объем около 1,0 л, для гребневиков — около 20 л.

Из проведенных наблюдений и на основании соотношения времени,

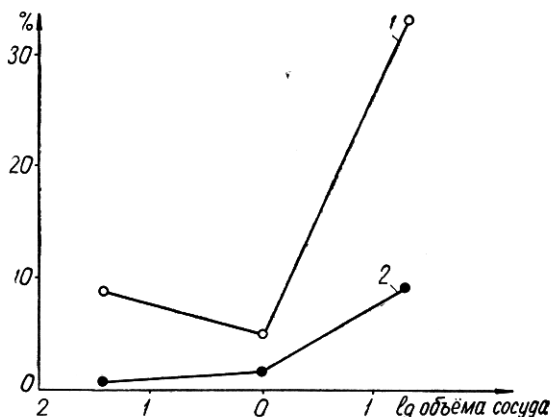


Рис. 2. Изменение времени, затрачиваемого на поступательное движение в течение часа (%) *Pleurobrachia rhodopsis* в сосудах, различных по объему воды (л):

1 — движение в вертикальном направлении, 2 — движение в горизонтальном направлении.

Виды двигательной активности у *Pleurobrachia rhodopsis*

Двигательная активность	20,0*		1,0*	
	Время	%	Время	
Поступательное движение	26 мин 13 сек 23 » 28 »	41,4	3 мин 07 сек 3 » 11 »	
Спуск	16 » 40 » 9 » 26 »	21,7	0 » 59 » 1 » 56 »	
Подъем	6 » 03 » 7 » 03 »	10,9	0 » 38 » 1 » 15 »	
Движение по горизонтали	3 » 30 » 6 » 59 »	8,8	1 » 30 » 0 »	
Отсутствие поступательного движения	33 » 47 » 36 » 32 »	58,6	56 » 53 » 56 » 49 »	
Пассивное парение	2 » 00 »	1,7	0 0	
«Висит» в толще	24 » 20 » 20 » 08 »	37,0	5 » 10 » 10 » 49 »	
Лежит на дне	7 » 27 » 16 » 24 »	19,9	51 » 43 » 46 » 00 »	

* /Объем сосуда, л.

** /Первый час опыта.

*** /Четвертый час опыта.

расходуемого на состояние, когда активное перемещение отсутствует, и времени, когда животное активно перемещается, в лабораторных условиях можно рассчитать только скорость, с которой калянус и гребневик двигаются в предлагаемых им объемах. Для калянуса такой расчет был произведен для аквариума объемом 1,0 л, поскольку только для такого объема мы имеем данные по скорости их движения (Павлова, Царева, 1975).

Зная соотношение по времени разных видов поступательного движения и для каждого из них соответствующую скорость, можно рассчитать среднюю скорость при поступательном движении калянуса в сосуде объемом 1,0 л. Она равна 6,7 см/сек. С учетом времени, когда калянус не двигается поступательно, средняя скорость перемещения рачка в указанном объеме снизится до 2,0 см/сек.

Такие же расчеты проведены для гребневиков. Оказалось, что для них средняя скорость при активном поступательном движении в аквариумах, объемом 0,04; 1,0 и 20 л составляет 0,27; 0,80 и 0,60 см/сек. Скорость передвижения гребневиков в течение часа с учетом времени, в течение которого поступательного движения не наблюдалось, по мере увеличения размеров аквариума изменяется от 0,02; 0,04 до 0,25 см/сек. При движении с такой скоростью гребневик в аквариуме объемом 0,04 л смогут за час переместиться на 0,72 м, в аквариуме в 1,0 л — на 1,44, а в самом большом по объему аквариуме — на 9,0 м. Таким образом, средняя скорость при поступательном движении у гребневиков с увеличением объема сосуда от 0,04 до 20 л повышается втрое, а с учетом времени, в течение которого активного поступательного движения не наблюдалось — более чем в 12 раз. Как видим, с увеличением размера аквариумов от 0,04 до 12—20 л, в ко-

Таблица 3

в сосудах разного объема за час наблюдения при 15,0° С

	%	0,04*			
		Время**	%	Время***	%
	5,2	6 мин 06 сек 4 » 50 »	9,1	1 мин 47 сек 0 » 40 »	2,0
	2,4	3 » 18 » 2 » 30 »	4,8	0 » 21 » 0 » 10 »	0,4
	1,6	2 » 48 » 2 » 00 »	4,0	0 » 22 » 0 » 30 »	0,7
	1,2	0 » 20 »	0,3	1 » 04 » 0 »	0,9
	94,8	53 » 54 » 55 » 10 »	90,9	58 » 13 » 59 » 20 »	98,0
		0 0		0 0	
	13,4	13 » 54 » 20 » 30 »	28,7	0 » 40 » 0 »	0,5
	81,4	40 » 00 » 34 » 40 »	62,2	58 » 13 » 58 » 40 »	97,5

торых содержатся планктонные животные типа калянуса или гребневика, в лабораторных условиях значительно увеличивается доля времени, затрачиваемого животным на активное поступательное движение в течение часа, при одновременном повышении средней скорости их перемещения. Если считать, что показателем двигательной активности может служить время, расходуемое данным животным на поступательное движение в единицу времени (в данном случае — один час), то с увеличением объема аквариума от 0,04 до 12—20 л двигательная активность черноморских калянусов повышается в пять раз, а у гребневикусов — в восемь раз.

Таблица 4

Основные параметры, характеризующие движение *Pleurobrachia rhodopis* в вертикальном направлении при содержании в разных объемах воды (среднее из 10—20 измерений)

Параметр	Объем сосуда л		
	0,04	1,0	20

При спуске

Скорость, см/сек	0,20(0,12—0,26)	0,23(0,10—2,60)	0,27(0,15—2,1)
Путь, см	3(2—5)	6(3—10)	11(5—27)
Время движения, сек	15(8—29)	26(3—90)	40(5—180)

При подъеме

Скорость, см/сек	0,29(0,10—0,66)	0,80(0,3—3,30)	0,80(0,22—3,5)
Путь, см	2(1—4)	6(2—10)	13(5—27)
Время движения, сек	8(2—20)	8(1—15)	17(2—40)

В сосудах объемом 0,04 л, в которых чаще всего производят определение величин поглощаемого кислорода, двигательная активность калянусов и гребневигов в ходе 4-часового опыта снижается незначительно: у калянуса — на 3%, у гребневигов — на 7% (рис. 4). Учитывая, что соотношение времени, затрачиваемого на активное поступательное движение, и времени, когда таковое не наблюдается, в аквариумах объемом 0,04 л было

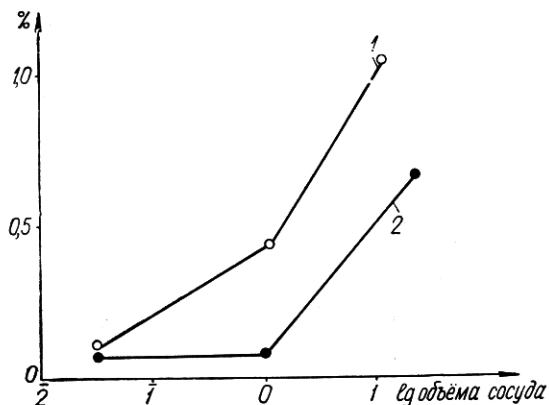


Рис. 3. Отношение времени, затрачиваемого на поступательное движение, ко времени, когда такового не наблюдается (%) в зависимости от объема аквариума (л): 1 — *Calanus helgolandicus*, 2 — *Pleurobrachia rhodopis*.

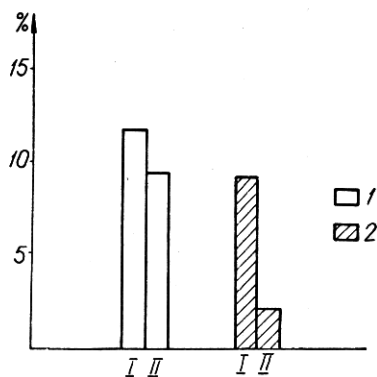


Рис. 4. Изменение времени, расходуемого на поступательное движение (%) у *C. helgolandicus* (1) и *Pl. rhodopis* (2) в первый (I) и четвертый час (II) пребывания в сосуде, объемом 0,04 л.

оценено как 0,2 : 1,8, можно считать, что оба вида животных в этих сосудах вообще малоподвижны. Получаемые в таких объемах воды величины потребляемого калянусами и гребневиками кислорода могут поэтому отражать примерные энергетические расходы, более близкие к величине основного обмена.

ЛИТЕРАТУРА

- Наумов Д. В. Тип Stenophora. — В кн.: Определитель фауны Черного и Азовского морей. К., «Наукова думка», 1968.
Павлова Е. В., Царева Л. В. Движение *Calanus helgolandicus* Claus по данным киносъемки. — В кн.: Биология моря, вып. 33. К., «Наукова думка», 1975.

Институт биологии южных морей
АН УССР, Севастополь

Поступила в редколлегию
23.XII 1974 г.

С. Г. Африкова

О СУТОЧНЫХ ВЕРТИКАЛЬНЫХ МИГРАЦИЯХ ЧЕРНОМОРСКОГО *PSEUDOCALANUS ELONGATUS* (ВОЕСК)

Известно, что *P. elongatus*, как многие другие, особенно батипланктонные виды копепод, ежесуточно совершает вертикальные миграции, поднимаясь вечером в верхние слои для питания и размножения и опускаясь утром в более глубокие воды. Одной из важных характеристик миграции является скорость движения рачков. Обычно она определяется исходя из пространственного распределения рачков и характера его изменения в течение суток. Литературные сведения по скорости движения ракообразных