

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

ПРОВ 2010

ПРИБ. 1221

ПРОВ 98

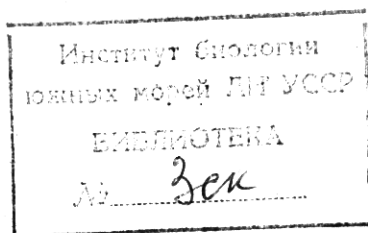
БИОЛОГИЯ МОРЕЯ

РЕСПУБЛИКАНСКИЙ
МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ СБОРНИК

Основан в 1965 г.

Выпуск 48

ДОННЫЕ СООБЩЕСТВА
И МОРСКИЕ ОБРАСТАНИЯ



КИЕВ «НАУКОВА ДУМКА» 1979

3. Гаркавая Г. П., Галкина В. Н. Динамика растворенного органического вещества в связи с фильтрующей деятельностью мидий.— В кн.: Тез. докл. на VII конф. по химии моря. М., Изд-во Моск. ун-та, 1975, с. 61—63.

4. Горомосова С. А. Элементы углеводного обмена у мидий в норме и при воздействии ядов.— В кн.: Биологич. основы борьбы с обрастанием. Киев, Наук. думка, 1973, с. 133—155.

5. Долгопольская М. А. Экспериментальное изучение процесса обрастания в море.— Тр. Севастоп. биол. станции, 1954, т. 8, с. 157—173.

6. Зевина Г. Б. Обрастания в морях СССР. М., Изд-во Моск. ун-та, 1972. 211 с.

7. Кучерова З. С. Диатомовые обрастания некоторых моллюсков и крабов в Черном море.— Тр. Севастоп. биол. станции, 1960, 13, с. 39—48.

8. Макфедьен Э. Экология животных. М., Мир, 1965. 375 с.

9. Митропольский А. К. Техника статистических вычислений. М., Физматгиз, 1961. 479 с.

10. Проссер Л., Браун Ф. Сравнительная физиология животных. М., Мир, 1976. 766 с.

11. Хайлов К. М. Утилизация растворенного органического вещества морской воды иглокожими и моллюсками.— Докл. АН СССР, 1971, 198, № 2, с. 443—446. ✓

12. Хайлов К. М., Бурлакова З. П. Определение концентрации растворенного органического вещества морской воды методом прямой ультрафиолетовой фотометрии.— В кн.: Всесоюз. конф. по химии моря. М., Изд-во Моск. ун-та, 1968, с. 43—44. ✓

13. Холодов В. И. Трансформация различных форм пищи морскими ежами *Strongylocentrotus droebachiensis* (O. F. Müller). Автореф. канд. дис. Дальние Зеленцы, 1974. 28 с.

14. Mirza M. V., Badea M. Amino acids dynamics in the mantle tissue of pontic *Mytilus galloprovincialis* Lmk.— Rev. roum. biochim., 1976, 13, N 1, p. 19—23.

15. Relini Giulio. Preliminary results of fouling investigations carried out at a depth of 200 m in the Ligurian Sea.— Rapp. et proc.-verb. réun. Commis. int. explor. sci. Mer. méditerr. Monaco, 1975, 23, N 2, p. 105—107.

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

Поступила в редколлегию
10.05.77

V. D. Brajko

METABOLITES OF MUSSELS AND THEIR ROLE IN MODIFICATION OF MICROCONDITIONS IN FOULING CENOSIS

Summary

The degree of molluscs effect on the fouling community microconditions at the stage of dynamic equilibrium is presented based on the results of studies in oxygen uptake by mussels and the dynamics of dissolved organic substance (DOS) excretion. The exponential equations are obtained reflecting the dependence of specific rate of DOS excretion on the mass of mussels. It is shown that the delivery of external metabolites to the environment in time is described in most cases by the second order equations. The regression equation is derived which reflects the interrelation between molluscs respiration and DOS content. It is established that DOS delivery due to mussels vital activity occurs mainly in the process of digestion and especially of reproduction. It may be supposed that molluscs play a remarkable role in modification of cenosis microconditions determining the number and species composition of the fouling.

УДК 577.472(28)

В. Д. Брайко

ДЫХАНИЕ МИДИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАЗМЕРОВ РЕСПИРОМЕТРОВ

При изучении метаболизма организмов обрастания возникла необходимость определения оптимальных размеров сосудов и плотности содержания животных. При изучении дыхания в связи с необходимостью получения данных, аналогичных или близких к таковым в естественных

условиях обитания, вопросы, касающиеся роли объема экспериментальных склянок и плотности посадки в них животных, являются неотъемлемой частью исследований. Имеющиеся в литературе сведения по потреблению кислорода различными видами в зависимости от объема респирометров довольно противоречивы [3, 4, 6, 14, 15]. Необходимость проведения исследований в этом плане диктуется также тем, что объем сосудов, начиная с которого интенсивность дыхания животных не изменяется, видоспецифичен, определяется экологией организмов и особенностями их обмена. Определение оптимальных размеров экспериментальных склянок, особенно для таких организмов, как мидии, обладающих смешанным метаболизмом [9], имеет первостепенное значение. Данные по дыханию моллюсков в зависимости от объема респирометров могут иметь определенное методическое значение для других животных со сходной экологией.

Материал и методика

Зависимость дыхания мидий от объема респирометров изучалась в июле — августе 1975 г. и мае — августе 1976 г. на моллюсках, взятых из обрастания экспериментальных образцов в Севастопольской бухте.

Таблица 1

Выделение метаболитов мидиями (РОВ, $\text{мг} \cdot \text{л}^{-1} \cdot \text{экз}^{-10} \cdot \text{ч}^{-2}$) в сосудах разного размера (первый вариант)*

Дата	t, °C	Концентрация РОВ в сосудах объемом		Сырая масса, г		
		1000 мл	250 мл	минимальная	максимальная	10 экз.
16.VII	22,6	0,75	—0,025	1,810	2,854	22,770
17.VII	22,8	0,75	—0,130	1,572	2,924	22,397
18.VII	22,2	0,81	—0,050	1,514	2,985	23,471
24.VII	22,4	1,00	—0,500	2,535	2,597	25,581
25.VII	22,9	0,74	0	2,547	2,945	26,534
26.VII	23,1	0,92	0	2,512	2,979	26,318
30.VII	22,5	1,10	—0,090	3,645	3,924	37,912
31.VII	22,4	1,20	0	3,706	4,155	38,460
1.VIII	22,2	2,50	0	3,706	4,155	38,460
6.VIII	23,3	1,10	0	2,566	2,866	26,897
7.VIII	22,4	3,25	—0,004	2,566	2,866	26,112
8.VIII	22,2	0,38	—0,050	2,566	2,866	26,350
12.VIII	22,6	0,85	—0,040	2,566	2,866	26,180
13.VIII	22,6	0,31	—0,025	2,566	2,866	26,520
14.VIII	22,5	0,25	0	2,566	2,866	26,300
15.VIII	22,4	0,97	0	2,566	2,866	26,451
20.VIII	22,6	0,44	0	2,566	2,866	26,171
21.VIII	22,5	0,47	0	2,566	2,866	26,005

* Отрицательные числа показывают снижение РОВ по сравнению с контролем; 0 — одинаковое содержание РОВ в контроле и опыте.

Массовым опытам по выяснению влияния объема сосудов на потребление кислорода животными предшествовала серия экспериментов, в которых численность мидий варьировала, начиная от плотности, соответствующей естественным поселениям (44, 22 экз. на площади 100 см^2) и кончая единичными особями (до 3 экз.). Объем сосудов изменяли в пределах 2500—250 мл. Результаты исследований позволили выбрать 2 наиболее оптимальных варианта, каждый из которых включал 2 серии экспериментов.

В первом варианте использовали склянки объемом 1000 мл, в которые помещали по 10 особей мидий (I серия). Затем этих же моллюсков рассаживали по одному в сосуды объемом 250 мл (II серия). При такой

постановке экспериментов объем воды, приходящийся на 1 мидию при групповом и одиночном содержании, заметно отличался. В опыт отбирали моллюсков небольших размеров, составляющих основу популяции в период доминирования их в сообществе (табл. 1). Наблюдения проводили на свежевзятых из обрастания мидиях, предварительно очищенных от сопутствующих организмов и выдержанных в условиях проточного аквариума 2 ч.

Во втором варианте в сосудах объемом 2500 мл содержали группу моллюсков из 8 особей (I серия). Для отдельных мидий, как и в первом варианте, использовались склянки объемом 250 мл (II серия). В этом случае количество воды, приходящейся на одно животное в обеих сериях, было приблизительно одинаковым. В эксперимент подбирали особей, заметно различающихся размерами (табл. 2), т. е. имитировалась часть популяции, характерная для климаксового состояния сообщества обрастаний. Моллюсков до опыта выдерживали в проточном аквариуме в течение 2—3 суток без подкормки. Такие мидии, как было установлено специальными экспериментами, не экскретировали РОВ, что позволяло исключить влияние метаболитов на характер их дыхания.

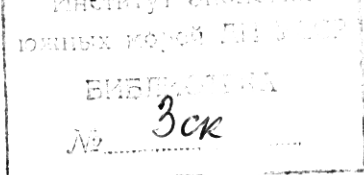
Опыты, как в первом, так и во втором вариантах, выполняли следующим образом: вначале дыхание измеряли у группы особей, затем у отдельных животных. В ряде случаев эксперимент начинали с определения скорости потребления кислорода отдельными моллюсками. На-

Таблица 2

Потребление кислорода мидиями (O_2 мл·экз⁻⁸·ч⁻¹) в сосудах разного размера (второй вариант)

Дата	t, °C	Потребление O_2 в сосудах объемом		Сырая масса, г		
		2500 мл	250 мл	1 экз. (минимальная)	1 экз. (максимальная)	8 экз.
24.VI	21,6	1,080	1,052	0,197	33,231	81,629
26.VI	21,6	2,054	1,579	2,067	35,791	114,334
1.VII	22,5	1,206	1,034	0,331	24,116	95,055
3.VII	23,0	1,800	1,951	0,405	42,910	101,063
8.VII	22,6	1,802	1,940	0,428	28,368	85,332
10.VII	22,6	1,203	1,425	0,284	31,937	112,313
15.VII	22,1	1,210	1,310	0,362	34,837	78,497
17.VII	22,6	0,958	1,274	0,373	23,952	67,705
24.VII	23,8	1,497	1,035	0,408	12,976	39,876
12.VIII	22,4	1,661	2,003	0,609	48,412	114,272
14.VIII	21,9	1,982	2,322	0,288	45,552	120,940
19.VIII	22,8	2,214	2,364	0,331	68,809	174,773
21.VIII	22,8	1,636	1,701	0,248	32,623	138,893
28.VIII	22,8	1,364	1,567	1,006	48,691	138,113

блюдения вели при температуре обитания мидий в море (табл. 2). Сосуды помещали в проточные ванны, что позволяло поддерживать относительно постоянную температуру воды ($\pm 0,5^\circ C$) в течение эксперимента. Каждый раз проводили 2 повторных измерения дыхания, по результатам вычисляли среднюю величину. Продолжительность опытов равнялась 2 ч. Воду в сосудах с животными перемешивали каждые 30 мин. Тщательно перемешивали воду путем неоднократного переворачивания закрытых банок также перед взятием проб воды на кислород. Пробы отбирали сифоном в темные склянки объемом 100 мл. Количество растворенного в воде кислорода определяли по методу Винклера. Содержание в опытах растворенного органического вещества (РОВ) измеряли на спектрофотометре СФ-16 в кювете 10 см против воздуха на дли-



не волны 260 нм. Воду перед фотометрированием фильтровали через стеклянный фильтр № 4. Концентрацию РОВ рассчитывали по формуле [13]: $K = 50 \cdot E_{260} - 1,5$, где K — концентрация РОВ, мг·л⁻¹; E_{260} — экстинкция на длине волны 250 нм.

Результаты экспериментов по потреблению кислорода мидиями в зависимости от размеров респирометров с учетом плотности содержания моллюсков обработаны методом вариационной статистики по формуле нормированного отклонения [11]:

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{Sx_1 - x_2}, \quad \text{или} \quad t = \frac{d}{S_d},$$

$$\text{где } S_d = \sqrt{\frac{\Sigma_1 (x_1 - \bar{x}_1)^2 + \Sigma_2 (x_2 - \bar{x}_2)^2}{(n_1 - 1) + (n_2 - 1)} \cdot \frac{n_2 + n_1}{n_1 n_2}}.$$

Результаты и обсуждение

Остановимся прежде всего на характере метаболизма мидий в первом варианте опытов (рисунок). Установлено, что в сосудах объемом 1000 мл группы животных дышали заметно слабее, чем в склянках на 250 мл при раздельном содержании. Выявленное при этом различие превышало необходимый уровень значимости ($t = 2,82$ при $P_{0,02} = 2,57$).

Следует отметить, что аналогичные результаты получены нами ранее [1] в экспериментах, когда воду в банках с мидиями не перемешивали. Скорость метаболизма моллюсков в группе достоверно отличалась от результатов, выявленных в опытах с отдельными особями ($t = 0,4$ при $P_{0,01} = 2,85$).

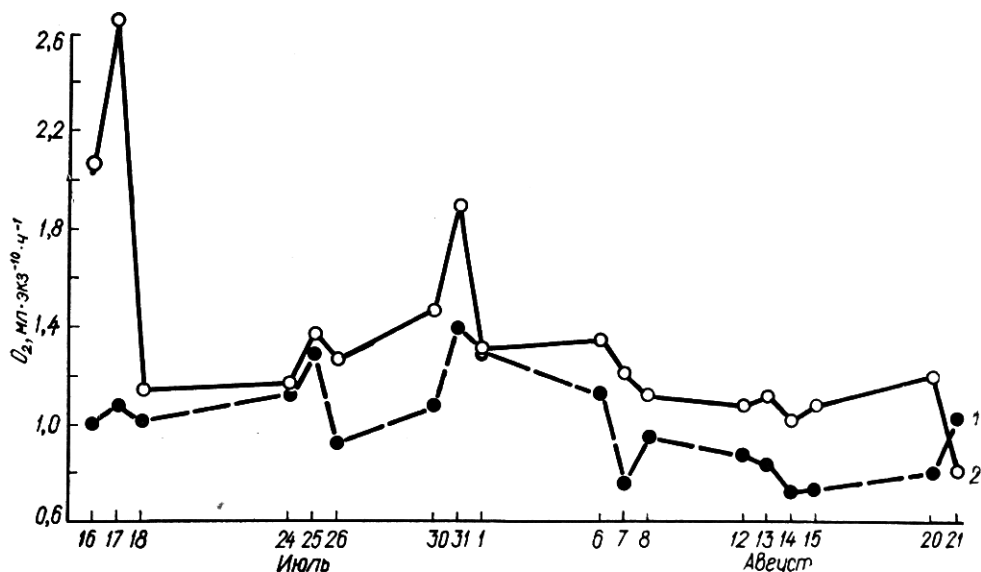
Расхождение в скорости метаболизма у моллюсков, полученное в отдельных сериях, явилось следствием несколько отличных условий, создавшихся в респирометрах с различной плотностью посадки. В первой серии с группой мидий содержание в воде кислорода снизилось на 20—25% исходного. Концентрация РОВ в опытах оказалась заметно выше, чем в контроле (см. табл. 1), что явилось прежде всего результатом экскреции метаболитов моллюсками в процессе пищеварения, а также, вероятно, следствием выделения недоокисленных продуктов обмена, образовавшихся при неполном сгорании углеводов [2], имевшего место при снижении парциального давления в воде кислорода.

Во второй серии — сосудах объемом 250 мл, где находилось по одной мидии, — напряжение в воде кислорода не снижалось менее чем на 12% исходного содержания. Экстинкция на волне E_{260} , в отличие от предыдущих опытов, не превышала значения РОВ в контроле.

Иные результаты получены во втором варианте опытов (см. табл. 2), где условия обитания в обеих сериях были сходными. Основной показатель состояния среды в респирометрах — насыщение воды кислородом в сосудах объемом 2500 и 250 мл — составлял 80% и более исходной величины. Другой показатель — концентрация РОВ — во всех экспериментах оказалась ниже, чем в контроле, хотя в сосудах с различной плотностью мидий это снижение было неодинаковым. Другими словами, моллюски, выдержанные в условиях аквариума в течение 2—3 суток, не экскретировали РОВ (регистрируемое на волне E_{260}). Дыхание их в этом случае, независимо от того, находились они в респирометрах объемом 2500 мл (в группе) или в склянках 250 мл (по одной), практически не отличалось, так как различие не превышало самый низкий уровень значимости ($t = 0,13$ при $P_{0,1} = 1,75$). Однако тенденция более низкого потребления кислорода при групповом содержании проявлялась. В целом в обеих сериях опытов мидии дышали слабо (см. табл. 2).

Описанный характер дыхания мидий в сосудах разного размера с различной плотностью животных в них связан не столько с абсолют-

ным размером склянок, сколько с количеством воды, приходящимся на одну особь, а отсюда, с тем или иным содержанием кислорода в респирометрах. Поэтому, когда на одну мидию приходилось 250 мл воды, а напряжение кислорода на протяжении эксперимента оставалось высоким, моллюски потребляли примерно одинаковое количество кислорода, независимо от того, содержались они в группе или по одной особи. Уменьшение объема воды на моллюска до 100 мл (как это имело место при групповом содержании в первом варианте) приводит к снижению интен-



Потребление кислорода мидиями в сосудах объемом 1000 (1) и 250 мл (2).

сивности дыхания. Подавление скорости метаболизма можно объяснить угнетающим действием накапливающихся до определенного предела метаболитов, обуславливающих преобладание у мидий гликолитического пути образования энергии, поскольку известно [12], что с увеличением в воде продуктов обмена дыхание моллюсков снижается.

Сравнивая дыхание мидий в сосудах разного размера с аналогичными данными, полученными для других групп животных [3, 7, 8], нельзя не заметить, что скорость обменных реакций определяется одними и теми же переменными (плотностью посадки животных в эксперименте, их массой, размерами сосудов и т. п.), хотя в зависимости от экологии вида первостепенное значение могут приобретать другие факторы. Так, на зоопланктоне Черного и Средиземного морей установлена интегральная зависимость интенсивности поглощения кислорода от объема воды, приходящегося на единицу массы [7]. На мизидях (*Neomysis mirabilis*) [3] показано, что скорость потребления кислорода рачками связана с абсолютным размером респирометров и не зависит от количества воды, приходящегося на 1 экз. В случае с мизидями, как нам представляется, такой вывод вполне правомерен. В отличие от мидий, это некто-бентосные формы, поэтому для них первостепенное значение имеет общее пространство, а также, по всей вероятности, форма экспериментального сосуда, хотя количество животных несомненно имеет значение. Известно [8], что уменьшение плотности посадки планктеров в респирометр одного и того же объема у некоторых видов приводило к увеличению потребления кислорода.

Следует отметить, что В. И. Кузмичева и И. В. Кукина [4] также на *Neomysis mirabilis* Японского моря не нашли достоверных различий обмена в сосудах разного объема. Аналогичные данные получены на

Euchaeta и *Pleuromamma* [15]; скорость дыхания этих рачков не зависела от объема респирометра и плотности их посадки. Данные об отсутствии определенной связи между интенсивностью потребления кислорода и размером опытных сосудов, полученные рядом авторов [4, 5], позволяют думать о наличии общих для их экспериментов методических погрешностей.

Заключение

Потребление кислорода мидиями тесно связано с объемом воды, приходящимся на одну особь, а отсюда, с размером сосуда и плотностью содержания животных. Снижение напряжения в воде кислорода более чем на 20% исходного количества и накопление продуктов обмена обуславливает менее интенсивное дыхание мидий. Исходя из этого, можно полагать, что у моллюсков, обитающих в ценозе обрастания, где они образуют чрезвычайно густые скопления, а створки их в свою очередь покрыты обрастателями, скорость метаболизма далеко не постоянна и определяется микроусловиями, которые создаются в их поселениях. Поэтому трудно определить, какой характер обмена, полученный при групповом (первый вариант) содержании мидий или же в опытах, где продукты внешнего метаболизма не накапливались, больше отражает специфику их дыхания в море. В естественных биотопах моллюски встречаются в виде отдельных банок, что биологически целесообразно. Содержание РОВ вблизи поселений мидий, обитающих в ценозе обрастаний, выше, чем на некотором отдалении от них. Особенно заметны эти различия в период их размножения (см. статью В. Д. Брайко, настоящий сборник, с. 9). Возможно, что активная реакция в этих участках также отлична. Так, некоторые расхождения в уровнях pH отмечены в море вблизи устричника [10].

Влияние формы сосудов в опытах с мидиями не рассматривалось, поскольку оно полностью исключалось тщательным перемешиванием воды в экспериментальных склянках, что чрезвычайно важно для прикрепленных организмов. Необходимо подчеркнуть, что для всех животных этот фактор имеет далеко не последнее значение. Даже при значительном объеме воды, приходящемся на один организм, а следовательно, значительном абсолютном размере респирометра, имеющего, однако, неподходящую для данного вида форму (в случае с мидиями сильно вытянутую, что приводит к скученному их расположению), скорость обменных реакций в опыте может заметно отклоняться от истинной величины. Иными словами, форму экспериментальных сосудов, как и их размеры, следует выбирать, исходя из экологии вида.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брайко В. Д. Особенности дыхания мидий ценоза обрастаний.— В кн.: Биология шельфа. Тез. докл. Всесоюз. конф. Владивосток, Изд-во ДВНЦ, 1975, с. 20—21.
2. Бранд Т. Анаэробизм у беспозвоночных. М., Изд-во иностр. лит., 1951. 335 с.
3. Виноградова Л. А., Грузов Л. Н. К вопросу об интенсивности дыхания морских животных в естественных условиях.— Тр. Атлант. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии, 1976, вып. 60, с. 131—137.
4. Кузмичева В. И., Кукина И. В. Об интенсивности дыхания мизид при разной плотности их посадки в респирометры.— Океанология, 1974, 14, № 5, с. 897—902.
5. Мусаева Э. И. Дыхание планктонных животных экваториальной части Тихого океана.— Тр. Ин-та океанологии, 1975, 102, с. 358—364.
6. Павлова Е. В. Энергетические расходы на дыхание в планктонном сообществе Средиземного моря.— В кн.: Энергетические аспекты роста и обмена водных животных. Киев, Наук. думка, 1972, с. 167—168.
7. Павлова Е. В. Метаболизм средиземноморского планктона.— В кн.: Биологическая структура и продуктивность планктонных сообществ Средиземного моря. Киев, Наук. думка, 1975, с. 124—144.
8. Павлова Е. В. Интенсивность потребления кислорода у некоторых копепод при увеличении объема респирометра.— Биология моря, Киев, 1977, вып. 42, с. 86—94.

9. Проссер Л., Браун Ф. Сравнительная физиология животных. М., Мир, 1967. 776 с.

10. Раков В. А. Изменение активной реакции (рН) среды тихоокеанской устриц.—Изв. Тихоокеан. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии, 1975, 98, с. 129—243.

11. Рокицкий П. Ф. Основы вариационной статистики. Минск, Изд-во Белорус. ун-та, 1961. 220 с.

12. Спиридонов Ю. И. Исследование дыхания у дрейсен полиграфическим методом.—В кн.: Вопросы физиологии и популяционной экологии. Саратов, Изд-во Саратов. ун-та, 1972, вып. 2, с. 15—21.

13. Хайлов К. М., Бурлакова З. П. Определение концентрации растворенного органического вещества морской воды методом прямой ультрафиолетовой фотометрии.—В кн.: Тез. докл. IV Всесоюз. конф. по химии моря. 15—18 апр. М., Изд-во АН СССР, 1968, с. 43—44. (Океаногр. комиссия АН СССР).

14. Mayzaud P. Respiration and nitrogen excretion of zooplankton. II. Studies of the metabolic characteristics of starved animals.—Mar. Biol., 1973, 21, N 1, p. 19—28.

15. Zeiss F. R. Effects of population densities on zooplankton respiration rates.—Limnol. and Oceanogr., 1963, 8, N 1, p. 110—115.

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

Поступила в редколлегию
10.05.77

V. D. Brajko

RESPIRATION OF MUSSELS DEPENDING ON THE RESPIROMETERS SIZES

Summary

The data on the Sevastopol bay mussels respiration made it possible to find out the character of their oxygen when they were maintained in groups and separately in respirometers of different size. Metabolism rate in molluscs is connected with the volume of experimental vessels and density of the animals in them. Less intensive respiration of mussels in a group taking place in one of the variants of experiments is due to a more than 20% decrease in oxygen tension in water (as compared to the initial one) and to accumulation of metabolism products, which results in prevalence of glycolytic way of energy production in the mussels.

Under sea conditions the metabolism rate in molluscs in the fouling cenosis is not constant and alongside with other factors is determined by microconditions in populations.

УДК 577.472(28)

Л. П. Салехова, В. Д. Брайко

АНОМАЛИИ В РАЗМНОЖЕНИИ МОРСКИХ УТОЧЕК

Интенсивное освоение Мирового океана, сопровождающееся мощным внесением в воду различного рода субстратов антропогенного характера, заметно отразилось не только на расширении ареала организмов обрастания, но существенно повлияло на их биологию. Значительное изменение морфо-физиологических показателей отмечено у некоторых видов баянусов и мидий, развивающихся на искусственных поверхностях. Рост и половое созревание у таких популяций, в отличие от естественных биотопов, наступает в 1,5—4 раза быстрее [7].

Сборы обрастаний во время рейса НИС «Академик А. Ковалевский» в апреле — июне 1974 и мае — июле 1976 гг. в моря средиземноморского бассейна позволили обнаружить неизвестное ранее в науке отклонение в размножении усоногого рачка *Lepas anatifera*.

Морские уточки, в отличие от других представителей усоногих раков, встречаются главным образом на различного рода подвижных субстратах, часто плавающих на поверхности. Насыщенность кислородом поверхностного слоя пелагиали, как известно, заметна больше, что обеспечивает благоприятный газовый режим в поселениях. Последнее об-