

субмицеллообразования [9], а при критической концентрации мицеллообразования будет наблюдаться их тотальная гибель.

## SUMMARY

*There was investigated a mechanism of action of s-alkylisothioureahalogenides on a microbe cell by methods of electronic microscopy and fermentation catalysis.*

*It was shown that in small concentrations disinfectants penetrate into the cell and block action of ferments. In large concentrations a total destruction of cell membrane and cell contents takes place.*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Скворцова Е.К. Современные направления исследований по поиску НДС // Сб.тр. "Современные методы и средства дезинфекции и стерилизации /МНИИ вакцин и сывороток им.И.И.Мечникова.- 1978. С.69-74.
2. Жукова Н.И. Влияние некоторых дезинфектантов на содержание белка,РНК и ДНК и активность ферментов белкового обмена E.coli //Сб.тр.ВНИИДиС "Проблемы дезинфекции и стерилизации".- М., 1975.Вып.24.С.136-140.
3. Жукова Н.И. Влияние ПАВ на проницаемость цитоплазматических мембран микробной клетки// Сб .тр .ВНИИДиС "Современные методы и средства дезинфекции и стерилизации.- М.,1977. Вып. 26. с.100-103.
4. Скворцова Е.К., Карпова Е.А., Воронцова Л.М. и др. Влияние некоторых дезинфекционных веществ на активность каталазы кишечной палочки // Сб.тр.ЦНИДИ "Проблемы дезинфекции и стерилизации".- М.,1969.Вып.20. С.112-116.
5. Миргород Ю.А., Михно И.Л., Таран В.В. Антимикробные свойства s-алкилизотиуроний-галогенидов //Вестн. Сумского ун-та.- 1994, N 1. С.134-137.
6. Fahmy A.R., Valsh E.F. The quantitative determination activity in cell suspensions // Biochem.J., 1952, 51, 1, p.55-56.
7. Бойко Л.Д., Михно И.В., Миргород Ю.А. и др. Бактерицидная активность и некоторые вопросы механизма действия химических препаратов при целенаправленном поиске дезинфицирующих средств // Сб.Кишечные инфекции.- Здоров'я, 1981. Вып.13.С.103-107.
8. Клесов А.А., Березин И.В. Ферментативный катализ.- М.: МГУ,1989,264 с.
9. Миргород Ю.А. Ассоциация и кооперативные явления в растворах поверхностно-активных веществ. Автореферат докт. дис.-Киев,1992, 39 с.

*Поступила в редколлегию 26 сентября 1994 г.*

УДК 577.472: 595.17

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭНЕРГОБЮДЖЕТА ПРЕСНОВОДНЫХ СВОБОДНОЖИВУЩИХ ИНFUЗОРИЙ

**Бабко Р.В., Ковальчук А.А. \***

*(\*Институт географии НАН Украины)*

Определение интенсивности метаболизма, осуществляемого сообществами гидробионтов, имеет важное значение для оценки направленности процессов самоочищения в гидробиоценозах. Наиболее распространенной мерой энергозатрат организмов служит скорость потребления кислорода (СПК). В литературе имеется достаточно информации об интенсивности обменных процессов у различных групп гидробионтов, в частности, по СПК инфузорий в "нормальных" условиях [1-8]. Однако содержание кислорода в водной среде, особенно в зонах его интенсивного поглощения за счет химических и биологических процессов, колеблется в широких пределах, при этом довольно часто его концентрация падает до нуля. Результаты исследований СПК инфузорий при различных концентрациях кислорода в воде имеются в работе [9]. В то же время, само по себе СПК и расчеты затрат на обмен (R) несут далеко не полную информацию об энергобалансе особей и популяций. Для полного понимания смысла и значения результатов измерения СПК и расчета необходимо сопоставление их с результатом определения скорости роста и рационов (С) исследуемых объектов [10].

## Материалы и методы

Материалом для лабораторных экспериментов по определению времени генерации ( $g$ ) и скорости потребления пищи (СПП) послужили культуры девяти видов инфузорий, поддерживаемых на сенном настое с подкармливанием водорослями. Индивидуальные массы определяли методом Ломана [11], в отдельных случаях пользовались номограммами Чиленко [12]. Время генерации инфузорий рассчитывали по формуле

$$g = \frac{t \ln 2}{\ln N_t - \ln N_0}, \quad (1)$$

где  $N_0$  и  $N_t$  - начальные и конечные значения количества особей в опытах. Для этого простейших помещали в чашки Петри объемом 20 мл при температуре 20-22°C. Крупные виды инфузорий просчитывали во всем объеме через каждые 3 суток, а для подсчета мелких отбирали по 10 вытяжек объемами 0,1 мл через 1 или 2 суток.

Параллельно с определением времени генерации проводили опыты по оценке суточных рационов ( $C$ ) инфузорий по скорости использования ими пищи на рост. Содержимое пищеварительных вакуолей подсчитывали под люминесцентным микроскопом с предварительной прижизненной окраской объектов акридиноражем. Основанием для расчетов  $C$  были результаты трех различных методов оценки скорости убывания пищевых объектов из пищеварительных вакуолей. Подробное описание использованных нами методов дано в ходе изложения результатов.

Материалом для данных опытов послужили шесть видов инфузорий. Опыты проводили при температуре 20-22°C.

## Результаты

На основании определения времени генерации девяти видов инфузорий получено уравнение зависимости времени генерации от средней индивидуальной массы:

$$T = 2455V_m^{0,348}, \quad (2)$$

где  $T$  - время генерации, ч;  $V_m$  - индивидуальная масса, нг. Значения времени генерации, определенные экспериментально, приведены в табл.1.

Таблица 1  
Средние значения длин ( $l$ , мкм), индивидуальных масс ( $V_m$ , нг) и времени генерации ( $T$ , ч)

ВИД	$l$	$V_m$	$T$
1. Paramecium bursaria	140,0	230,00	25,0
2. P. caudatum	200,0	159,70	9,6
3. P. putrinum	104,4	43,01	14,7
4. Tetrachymena pyriformis	50,0	18,13	4,5
5. Gastrostyla affine	90,0	18,74	6,5
6. Spirostonum teres	384,4	144,92	11,3
7. Coleps hirtus var. minor	39,0	3,75	5,8
8. Euplotes patella	116,4	46,30	9,0
9. Cyclidium glaucoma	26,0	2,21	2,6

Подставляя полученное выражение для  $T$  в общеизвестную формулу для определения продукции ( $\Pi$ ):

$$\Pi = \frac{\ln 2}{T} \cdot V_m,$$

$$\text{получаем} \quad \Pi = 0,282 \cdot V_m^{0,652}, \quad (3)$$

где  $\Pi$  - продукция, мг экз./ч.

Приводя показатель степени в уравнении (3) к 0,700 и учитывая, что для инфузорий 1 мг "сырой" массы равен 0,82 кал. [18], приходим к уравнению для расчета суточной продукции особи ( $\Pi$ , кал/сут.):

$$\Pi = 4,707 \cdot 10^{-6} \cdot V_m^{0,700}.$$

Для получения достоверных значений суточные рационы рассчитывали на основании трех взаимодействующих методов.

Метод 1. Оценивая рационы по убыванию количества пищевых вакуолей, устанавливали среднестатистическое количество вакуолей у нормально питающихся особей. Затем подсчитывали количество вакуолей у особей после пребывания их в течение 5 минут в безбактериальной культуральной среде и по разности устанавливали среднестатистическую скорость исчезновения вакуолей из цитоплазмы инфузорий. Параллельно оценивали среднестатистический диаметр вакуоли для каждого вида.

Поскольку оформленные вакуоли практически полностью были заполнены водорослями и бактериями, то возникла необходимость в оценке их среднестатистического числа в вакуоли. Математически эта задача может быть сведена к определению наполнения шара большого диаметра шарами меньшего диаметра. Так как точное математическое решение данной задачи нам неизвестно, мы предлагаем ее приближенное решение с оценкой снизу. Если  $R$  и  $r$  соответственно радиусы большого и меньшего шаров, то максимальное количество сфер малого радиуса, входящих в большой шар, можно найти из

$$i_{\max} = \frac{R}{2r}, \quad (4)$$

где значима только целая часть.

Удаление середины каждой сферы от центра большого шара можно найти из

$$R_i = R - (2i - 1)r. \quad (5)$$

К примеру, первая (внешняя) сфера ( $i=1$ ) отстоит от центра на

$$R_1 = R - r. \quad (6)$$

Общее количество шаров малого радиуса можно найти суммированием шаров на последовательных сферах:

$$N \approx 2 \sum_{i=1}^{\frac{R}{2r}} \left[ \frac{R_i^2}{2r^2} \right] + E, \quad (7)$$

где  $E$  - неопределенная разность фактического и полученного количества шаров малого радиуса - незначительна.

Метод 2. Суть метода сводится к подкармливанию культуры простейших, выращенных на одном виде корма (бактерии) другим (водоросли). После добавления к культуре простейших водорослей и экспозиции (15 мин и 30 мин) подсчитывали их содержание в вакуолях простейших под люминисцентным микроскопом.

Метод 3. Проводилась оценка  $C$  по убыванию водорослей *Cocystis submarina* и *Chlorella* sp. в пищевых вакуолях инфузорий.

Устанавливали количество водорослей в вакуолях отдельных нормально питающихся особей инфузорий до и после их пятиминутной экспозиции в ультрафильтрованной воде. Результаты экспериментов представлены в табл. 2.

Полученные экспериментальные данные позволили получить следующее уравнение зависимости рационов инфузорий от их средней индивидуальной массы:

$$\lg C = (1,171 \pm 0,084) + (0,721 \pm 0,046) \lg V_m \quad (8)$$

или в логарифмированной форме:

$$C = 14,829 \cdot V_m^{0,721}, \quad (8)$$

где C - рацион особи, нг/сут.

Если данное уравнение привести к показателю степени 0,700 с одновременным переводом в энергетические эквиваленты, то получим

$$C = 16,103 \cdot 10^{-6} \cdot V_m^{0,700}, \quad (9)$$

где C - рацион особи, кал/сут.

Аналогичное преобразование полученного нами уравнения для СПК [14] дает

$$R = 5,030 \cdot 10^{-6} \cdot V_m^{0,700}, \quad (10)$$

где R - СПК особи, кал/сут.

Таблица 2

Средние значения индивидуальных масс ( $V_m$ , нг)  
и рационов (C, нг экз./сут.) инфузорий

Вид	$V_m$	$\lg V_m$	C	$\lg C$
1. Spirostomum teres	144,92	2,161	441,80	2,645
2. Coleps hirtus var. minor	3,75	0,574	37,22	1,571
3. Euplotes patella	46,30	1,666	233,03	2,367
4. Paramecium caudatum	159,72	2,203	710,11	2,851
5. Stylonychia pustulata	41,68	1,620	212,16	2,327
6. Paramecium putrinum	43,01	1,634	258,67	2,413
7. P. caudatum	159,72	2,203	524,92	2,720

Примечание. Инфузории под номерами 1, 6, 7- бактериофаги, а под номерами 2, 3, 4, 5- альгофаги.

Полученные нами уравнения для R, П, и C позволяют с достаточно хорошим приближением рассчитать основные составляющие энергобюджета инфузорий. На основании всего вышеизложенного нами получены следующие значения переходных коэффициентов, характеризующих энергобюджет инфузорий:

$K_1 = 0,29$  (чистая эффективность роста);

$K_2 = 0,48$  (валовая эффективность роста);

$A_{ассим} = 0,60$  (эффективность ассимиляции);

C : R = 3,20.

## SUMMARY

Relying on the result of laboratory experiments with nine species of ciliated protozoa the equations for dependence of generation time and rations from medium individual weight have been obtained. This allowed to calculate basic constituents of their energy budget: additive growth rate - 0,29 / $K_1$ /; absolute growth rate - 0,48/ $K_2$ /; assimilation rate - 0,60 / $A_{ассим}$ /.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Винберг Г.Г. Интенсивность обмена у простейших // Успехи совр. биол.- 1949, 28, N2. С. 226-245.
2. Владимирова И.Г., Зотин А.И. Зависимость скорости дыхания простейших от температуры и веса тела // Журн. общей биол.- 1985, 46, N 2. С. 165-173.
3. Хлебович Т.В. Интенсивность дыхания у инфузорий разного размера // Цитология.- 1974, 16, N 1. С. 135.
4. Хлебович Т.В. Скорость потребления кислорода инфузориями.- Л.:Наука, 1979. С. 100-106.

5. Хлебович Т.В. Скорость потребления кислорода у коловраток // Основы изучения пресноводных экосистем.- Л.: Изд-во Зоол. ин-та АН СССР.- 1987. С. 98-102.
6. Хлебович Т.В. Скорость потребления кислорода простейшими // Продукционно-гидробиологические исследования водных экосистем.- Л.:Наука, 1987. С. 212-223.
7. T. Fenchel, B.J. Finlay. Respiration rates in heterotrophic freeliving Protozoa // Microb. Ecol., S,P.99-122.
8. R.Kawakami, T. Ayukai, A. Taniguchi. A preliminary report on respiration rates of rates of two Tintinnid species /Ciliata/ // Bull. Plak. Soc.Jap.- 1985, 32, N 1, P.171-172.
9. Бабко Р.В., Ковальчук А.А. Потребление кислорода инфузориями при различных его концентрациях в воде // Тез. докл. 4 съезда Всесоюзного общества протозоологов, Л.:Наука, 1987. С. 57.
10. Винберг Г.Г. Некоторые итоги применения продукционно-гидробиологических методов // Продукция популяций и сообществ водных организмов и методы ее изучения.- Л.: Наука, 1986. С. 3-18.
11. Мирабдулаев И.М. Планктонные инфузории рыбоводных прудов Узбекистана :Автореф. дис... канд. биол. наук.- М., 1986, 17 с.
12. Численко Л.Л. Номограммы для определения веса водных организмов по размерам и форме тела.- Л.: Наука, 1968, 106 с.
13. B.J. Finlay. The dependense of reproductive rate on cell size and temperature in freshwater ciliated Protozoa. Oecologia, 1977, V. 30, N 1, P.75-81.
14. Бабко Р.В. Свободноживущие инфузории малых рек бассейна Днепра и их роль в продукционно-деструкционных процессах. Автореф. дис... канд. биол. наук.- К., 1989, 18 с.

*Поступила в редколлегию 24 февраля 1994 г.*