

Национальная Академия наук Украины  
Институт биологии южных морей  
им. А.О. Ковалевского



*Брянцева Ю.В., Курилов А.В.*

**РАСЧЕТ ОБЪЕМОВ КЛЕТОК МИКРОВОДОРОСЛЕЙ  
И ПЛАНКТОННЫХ ИНFUЗОРИЙ ЧЕРНОГО МОРЯ**

© 2003

Издательство «Наука» Севастополь

Севастополь 2003

*Брянцева Ю.В., Курилов А.В.* Расчет объемов клеток микроводорослей и планктонных инфузорий Черного моря / Препринт. - Севастополь: ИнБИОМ. - 2003. - 20 с.

В данном пособии приводятся формулы для расчета объема клеток фитопланктона и планктонных инфузорий методом “истинного” объема. Впервые приводится список видов инфузорий, с указанием соответствующих фигур и поправочных коэффициентов. Для гидробиологов и экологов.

Библиогр.:10 назв.

Рекомендовано к печати

Ученым советом Института биологии южных морей  
им. А.О. Ковалевского  
Национальной Академии наук Украины

Протокол № 12 от 14.11.2003 г.

Ответственный за выпуск

кандидат биологических наук Р.П. Тренкеншу

Рецензент: кандидат биологических наук,  
В.П. Парчевский

1. *Киселев И.А.* Методы исследования планктона // Жизнь пресных вод СССР. - М.-Л., 1956. – Т. 4, N 1. – 234 с.
2. *Макарова И.В., Пичкилы Л.О.* К некоторым вопросам методики вычисления биомассы фитопланктона // Ботан. журн. - 1970. – Т. 55, N 10. – С. 1488–1494.
3. *Кожова О.М., Шастина Н.А., Заусаева Н.А.* К методике определения объемов клеток фитопланктона // Экологические исследования водоемов Сибири/ Иркутский гос. ун. им. А.А Жданова. – Иркутск, 1978. – С. 110–123.
4. *Кольцова Т.И.* Определение объема и поверхности клеток фитопланктона // Биол. Науки. – 1970. № 6. – С. 114-119.
5. *Сеничкина Л.Г.* К методике вычисления объемов клеток фитопланктона // Гидробиол. журн. – 1978. - Т.14, N 5, – С. 102–106.
6. *Сеничкина Л.Г.* Фитопланктон северо-западной части Черного моря // Сезонные изменения черноморского планктона. - М.: Наука, 1983. - С. 55–65.
7. *Сеничкина Л.Г.* Вычисление объемов клеток диатомовых водорослей с использованием коэффициентов объемной полноты // Гидробиол. журн. – 1986. – Т.22, N 1.– С. 56–59.
8. *Сеничкина Л.Г.* Вычисление объемов клеток видов рода *Exuviaella* Cienk // Гидробиол. журн. – 1986. – Т.22, N 3.–С. 92–94.
9. *Брянцева Ю.В.* К методике расчета объема клеток фитопланктона // Труды ЮгНИРО. – Керчь, 1996. - № 42. – С. 195–199.
10. *Puytorac P. De* [Ed.] *Traite de Zoologie. Anatomie, systematique, biologie.* Tome II. Infusories cilies. Fascicule 2. Systematique. Masson: Paris, Milan, Barcelone, 1994. - 880 pp.

**Yu.V. BRYANTSEVA, A.B. KURILOV**

The cell volume calculation of the microalgae and planktonic infusoria of the Black Sea

#### Summary

This manual is devoted how to calculate the volume of the phytoplankton and planktonic infusoria using proper geometrical figures. The list of infusorium species and respective equations for them are presented for the first time. For hydrobiologists and ecologists.

1	2	3	4	5	6
Xщ	Didiniidae	<i>Didinium</i>	<i>sp. 1</i>	32	1
Xщ	Didiniidae	<i>Didinium</i>	<i>spp.</i>	32	1
Xщ	Didiniidae	<i>Monodinium</i>	<i>armatum</i>	16	1
Xщ	Didiniidae	<i>Monodinium</i>	<i>cf. balbianii</i>	32'	1
Xщ	Didiniidae	<i>Monodinium</i>	<i>nanum</i>	32'	1
Xщ	Didiniidae	<i>Monodinium</i>	<i>rostratum</i>	32	1
Xщ	Ephelotidae	<i>Ephelota</i>	<i>coronata</i>	8	1
Xщ	Lacrymariidae	<i>Lacrymaria</i>	<i>pupula</i>	8	1
Xщ	Lacrymariidae	<i>Lacrymaria</i>	<i>spp.</i>	8	1
Xщ	Lacrymariidae	<i>Lacrymaria</i>	<i>vermicularis</i>	8	1
Xщ	Loxodidae	<i>Loxodes</i>	<i>spp.</i>	19	1
Xщ	Loxodidae	<i>Loxodes</i>	<i>vorax</i>	19	1
Xщ	Loxophyllidae	<i>Loxophyllum</i>	<i>setigerum</i>	17	1
Xщ	Loxophyllidae	<i>Loxophyllum</i>	<i>spp.</i>	17	1
Xщ	Loxophyllidae	<i>Loxophyllum</i>	<i>unicostatum</i>	17	1
Xщ	Mesodiniidae	<i>Askenasia</i>	<i>regina</i>	8	1
Xщ	Mesodiniidae	<i>Askenasia</i>	<i>stellaris</i>	6	1
Xщ	Mesodiniidae	<i>Askenasia</i>	<i>volvox</i>	5	1
Xщ	Mesodiniidae	<i>Cyclotrichium</i>	<i>cyclokaryon</i>	5	1
Xщ	Mesodiniidae	<i>Cyclotrichium</i>	<i>sphaericum</i>	5	1
Xщ	Mesodiniidae	<i>Rhabdoaskenasia</i>	<i>sp.</i>	8	1
Xщ	Spathidiidae	<i>Spathidium</i>	<i>claviforme</i>	8	1
Xщ	Strombidiidae	<i>Strombidium</i>	<i>coronatum</i>	25	1
Гф	Chilodonellidae	<i>Chilodonella</i>	<i>spp.</i>	5	1
Гф	Colepidae	<i>Coleps</i>	<i>tesselatus</i>	22'	1
Гф	Colepidae	<i>Tiarina</i>	<i>fuscus</i>	20	1
Гф	Spathidiidae	<i>Spathidium</i>	<i>spp.</i>	24'	1
Примечание: данные Курилова А.В.					
Тр.ст.* - трофический статус: Аф - альгофаги; Мф - микрофаги; Мс - миксотрофы; Хщ - хищники; Гф - гистофаги					

Для вычисления объема как одноклеточных водорослей, так и инфузорий используют общепринятый метод «истинного объема», предложенный И.А. Киселевым [1]. Суть метода заключается в том, что клетку приравнивают к близкой ей по форме геометрической фигуре или к комбинации фигур, а затем рассчитывают ее объем по известным формулам.

Работ, в которых приводятся списки видов и соответствующих им геометрических фигур, немного, причем их большая часть посвящена пресноводным видам фитопланктона [2, 3, 4], а для инфузорий подобных работ в доступной литературе найти не удалось. По фитопланктону Черного моря такие исследования проводила Л.Г. Сеничкина [5–8]. В этих работах указывается 14 формул для основных геометрических фигур, к которым приравнены формы водорослей.

При разработке алгоритма программы для расчета основных параметров фитопланктона были составлены списки для антарктических видов [9]. В новой версии программы использовано 32 формулы, учитывающих формы водорослей (рис. 1 и 2) и инфузорий (рис. 3 и 4),\*\* определенных в пробах, собранных в Черном море. При этом фигуры у водорослей и инфузорий могут совпадать. Использовали самые современные сведения по систематике инфузорий [10]. Математические формулы были преобразованы нами путем подстановки:  $R = 1/2 D$ ;  $r = 1/2 R$ ;  $r' = 1/2 L$ ;  $\pi = 3,1416$ .

Дополнительно в формулы расчета введен поправочный коэффициент (К), который в каждом конкретном случае имеет свой смысл.

Для 111 видов диатомовых водорослей, имеющих усложненную форму клетки [7], и пиропитовых водорослей рода *Exuviaella*\* Cienk[8] это будет коэффициент объемной полноты, рассчитанный Л.Г. Сеничкиной на основании большого количества измерений. Этот коэффициент равен отношению «истинного» (т.е. вычисленного по формуле объема соответствующей геометрической фигуры) к объему куба или параллелепипеда со сторонами, равными линейным размерам клетки в формулах для фигур 11 и 12.

При расчете объема клеток рода *Ceratium* Shrank мы придерживались методики Сеничкиной [6], где использован коэффициент уплощения, поскольку эти клетки сильно сплюснуты. Правильнее было бы считать конусы эллиптическими, но введя в данном случае поправочный коэффициент мы допускаем, что фигура имеет круглое основание. В данном случае коэффициент характеризует разницу между объемами клеток, рассчитанных по формулам для круговых и для эллиптических конусов. Это справедливо и для некоторых видов инфузорий.

\* – По современной систематике - *Prorocentrum* . \*\* - Материал по фитопланктону подготовлен Ю.В. Брянцевой (ИнБИОМ НАН Украины), по инфузориям – А.В. Куриловым (ОФ ИнБИОМ).

При измерении клетки всегда видно только две стороны – ширина и длина (высота), но для расчетов требуется определить ее толщину, что не всегда удается сделать. Однако соотношение между толщиной и шириной клетки достаточно постоянная величина для каждого вида водорослей. Введя поправочный коэффициент, который будет в данном случае соотношением между толщиной и шириной клетки, можно рассчитать ее толщину не прибегая к дополнительным измерениям, что значительно сократит время, необходимое для обработки пробы. Например, формула для эллиптического конуса имеет вид:  $V = 0,2618 D \cdot H \cdot L$ . Введя коэффициент, получим упрощенную формулу:  $V = 0,2618 D^2 \cdot H \cdot k$ .

Для Тинтиннид, раковинных инфузорий, коэффициент будет отношением объема клетки к объему домика. Поскольку клетки легко разрушаются, объем их проще вычислить исходя из размеров домика и данного коэффициента. Коэффициенты получены благодаря многочисленным промерам живых клеток каждого вида и их раковин.

В случае, когда клетки имеют сложную форму, приходится прибегать к приближенному представлению их объема в виде суммы объемов нескольких относительно простых фигур: половина шара и конус с общим основанием (фигура 7); половина шара и усеченный конус с общим основанием (фигура 8), усеченный конус и два равных или неравных конуса с общим основанием (фигура 9) (см. рис. 1-2). Мы допускаем, что диаметры оснований малых конусов равны между собой и составляют половину от общей ширины клетки, т.е.  $d_1 = d_2 = 1/2 D$ . Если же основания рогов значительно различаются, тогда необходимо найти среднюю арифметическую величину диаметров их оснований

Объемы клеток вида *Ceratium tripos (Muller) Nitzsch* (а также подобные им) рассчитывались по формуле, принятой в работе [6]. Клетку приравнивают к двум усеченным конусам, у которых нижнее основание 1-го конуса является верхним основанием 2-го, а два боковых рога принимают за двойной конус с общим основанием, полагая, что  $d_1 = d_2$  (фигура 10, см. рис. 2).

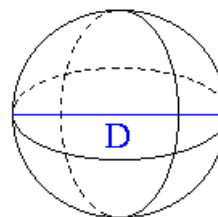
Клетки инфузорий представлены тремя простыми фигурами (эллипсоид, сегмент эллипсоида и сегмент параболоида) и пятью сложными (комбинации конусов, сегментов параболоидов и половины эллипсоида) в основании которых лежит эллипс (см. рис. 3). Поэтому D и L соответствуют двум осям эллипса, а H и  $H_1$  – высотам составляющих фигур. Остальные 13 сложных фигур (см. рис. 4) имеют в основании круг и состоят из двух простых фигур: конуса, цилиндра, половины вытянутого сфероида (эллипсоида вращения) или сегмента параболоида.

В таблице для каждого вида инфузорий указываются: номера фигур и соответствующие коэффициенты.

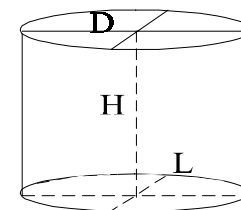
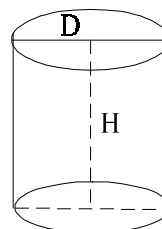
1	2	3	4	5	6
Mф	Strombidiidae	<i>Strombidium</i>	<i>sulcatum</i>	28	1
Mф	Strombidiidae	<i>Strombidium</i>	<i>tressum</i>	18	1
Mф/ Mc	Strombidiidae	<i>Strombidium</i>	<i>vestitum</i>	18	1
Mф	Tintinnidae	<i>Tintinnus</i>	<i>sp.</i>	3	0.76
Mф	Tintinnidiidae	<i>Leprotintinnus</i>	<i>pellucidum</i>	3	0.35
Mф	Tintinnidiidae	<i>Tintinnidium</i>	<i>mucicola</i>	26	0.11
Mф	Tintinnidiidae	<i>Tintinnidium</i>	<i>sp.</i>	26	0.11
Mф	Uronematidae	<i>Uronema</i>	<i>marinum</i>	5	1
Mф	Uronematidae	<i>Uronema</i>	<i>spp.</i>	5	1
Mф	Vaginicolidae	<i>Thuricola</i>	<i>valvata</i>	30	1
Mф	Vorticellidae	<i>Vorticella</i>	<i>cf. microstoma</i>	5	1
Mф	Vorticellidae	<i>Vorticella</i>	<i>marina</i>	5	1
Mф	Vorticellidae	<i>Vorticella</i>	<i>spp.</i>	5	1
Mф	Vorticellidae	<i>Zoothamnium</i>	<i>duplicatum</i>	5	1
Mф	Vorticellidae	<i>Zoothamnium</i>	<i>plumula</i>	5	1
Mф	Vorticellidae	<i>Zoothamnium</i>	<i>spp.</i>	5	1
Mф	Cinetochilidae	<i>Cinetochilum</i>	<i>margaritaceum</i>	5	1
Mф	Cinetochilidae	<i>Cinetochilum</i>	<i>spp.</i>	5	1
Mc	Balanionidae	<i>Balanion</i>	<i>comatum</i>	22'	1
Mc	Leegardiellidae	<i>Leegardiella</i>	<i>sp.</i>	8	1
Mc	Mesodiniidae	<i>Mesodinium</i>	<i>pulex var. rubra</i>	8	1
Mc	Mesodiniidae	<i>Myrionecta</i>	<i>rubra</i>	5	1
Mc	Spathidiidae	<i>Spathidium</i>	<i>spp.</i>	22'	1
Mc	Spathidiidae	<i>Spathidium</i>	<i>viridae</i>	5	1
Mc	Strobilidiidae	<i>Strobilidium</i>	<i>sp.</i>	30	1
Mc	Strombidiidae	<i>Laboea</i>	<i>strobila</i>	31	1
Mc	Strombidiidae	<i>Strombidium</i>	<i>acutum</i>	18	1
Mc	Strombidiidae	<i>Strombidium</i>	<i>conicoides</i>	16	1
Mc	Strombidiidae	<i>Strombidium</i>	<i>conicum</i>	18	1
Mc	Strombidiidae	<i>Strombidium</i>	<i>ventropinum?</i>	18	1
Mc	Strombidiidae	<i>Strombidium</i>	<i>viride</i>	16	1
Mc	Strombidiidae	<i>Strombidium</i>	<i>wulffi</i>	18	1
Xц	Acinetidae	<i>Acineta</i>	<i>tuberosa</i>	5	1
Xц	Amphileptidae	<i>Litonotus</i>	<i>fasciola</i>	5	1
Xц	Amphileptidae	<i>Litonotus</i>	<i>lamella</i>	5	1
Xц	Amphileptidae	<i>Litonotus</i>	<i>spp.</i>	5	1
Xц	Didiniidae	<i>Didinium</i>	<i>gargantua</i>	32'	1
Xц	Didiniidae	<i>Didinium</i>	<i>nasutum</i>	32'	1

1	2	3	4	5	6
Aφ	Uronychiidae	<i>Uronychia</i>	<i>transfuga</i>	5	1
Aφ	Urotrichidae	<i>Bursellopsis</i>	<i>sp.</i>	8	1
Aφ	Urotrichidae	<i>Bursellopsis</i>	<i>truncata</i>	8	1
Aφ	Urotrichidae	<i>Paraurotricha</i>	<i>discolor</i>	5	1
Aφ	Urotrichidae	<i>Urotricha</i>	<i>agilis</i>	5	1
Aφ	Urotrichidae	<i>Urotricha</i>	<i>farcta</i>	5	1
Aφ	Urotrichidae	<i>Urotricha</i>	<i>globosa</i>	5	1
Aφ	Urotrichidae	<i>Urotricha</i>	<i>ovata</i>	5	1
Aφ	Urotrichidae	<i>Urotricha</i>	<i>pelagica</i>	5	1
Aφ	Urotrichidae	<i>Urotricha</i>	<i>pusilla</i>	5	1
Aφ	Urotrichidae	<i>Urotricha</i>	<i>spp.</i>	5	1
Mφ	Aspidiscidae	<i>Aspidisca</i>	<i>baltica</i>	13	1
Mφ	Aspidiscidae	<i>Aspidisca</i>	<i>lyncaster</i>	13	1
Mφ	Codonellidae	<i>Tintinnopsis</i>	<i>beroidea</i>	27	0.26
Mφ	Codonellidae	<i>Tintinnopsis</i>	<i>cylindrica</i>	26	0.4
Mφ	Codonellidae	<i>Tintinnopsis</i>	<i>minuta</i>	26	0.44
Mφ	Codonellidae	<i>Tintinnopsis</i>	<i>parvula</i>	24	0.35
Mφ	Codonellidae	<i>Tintinnopsis</i>	<i>sp.</i>	23	0.33
Mφ	Cyclidiidae	<i>Cristigera</i>	<i>minuta</i>	5	1
Mφ	Cyclidiidae	<i>Cyclidium</i>	<i>spp.</i>	5	1
Mφ	Euplotidae	<i>Euplotes</i>	<i>balteatus</i>	13	1
Mφ	Halteriidae	<i>Halteria</i>	<i>spp.</i>	8	1
Mφ	Halteriidae	<i>Pelagohalteria</i>	<i>cirrifera</i>	8	1
Mφ	Lohmanniellidae	<i>Lohmanniella</i>	<i>oviformis</i> (= <i>Strob. elegans</i> )	5	1
Mφ	Loxocephalidae	<i>Loxocephalus</i>	<i>spp.</i>	5	1
Mφ	Pleuronematidae	<i>Pleuronema</i>	<i>anodontae</i>	5	1
Mφ	Pleuronematidae	<i>Pleuronema</i>	<i>chrisalis</i>	5	1
Mφ	Pleuronematidae	<i>Pleuronema</i>	<i>coronatum</i>	5	1
Mφ	Pleuronematidae	<i>Pleuronema</i>	<i>marinum</i>	5	1
Mφ	Strobiliidae	<i>Rimostrombidium</i>	<i>humile</i>	18	1
Mφ	Strobiliidae	<i>Strobilidium</i>	<i>sp.</i>	25	1
Mφ	Strombidiidae	<i>Strombidium</i>	<i>dalum</i>	18	1
Mφ	Strombidiidae	<i>Strombidium</i>	<i>emergens</i>	24	1
Mφ	Strombidiidae	<i>Strombidium</i>	<i>epidemum</i>	18	1
Mφ/ Mc	Strombidiidae	<i>Strombidium</i>	<i>rhynchum?</i>	18	1
Mφ	Strombidiidae	<i>Strombidium</i>	<i>sp.</i>	18	1
Mφ/ Mc	Strombidiidae	<i>Strombidium</i>	<i>sp. 1(globosa neum?)</i>	5	1

1 Шар  $V = 0,5236 \cdot D^3$



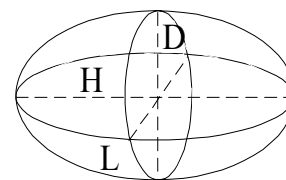
3 Цилиндр круговой  
 $V = 0,7854 \cdot D^2 \cdot H$



5 Эллипсоид

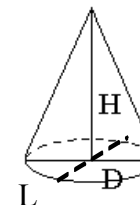
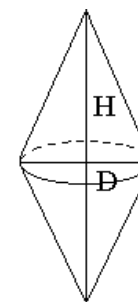
$V = 0,5236 \cdot D \cdot H \cdot L$ ; если L неизвестна, то:  $V = 0,5236 \cdot D^2 \cdot H \cdot \kappa$ ;

5' Вытянутый сфероид:  $\kappa = 1, D = L$   
 $V = 0,5236 \cdot D^2 \cdot H$



2 Конус круговой

$V = 0,2618 \cdot D^2 \cdot H$



2' Конус эллиптический

$V = 0,2618 \cdot D \cdot H \cdot L$

если L неизвестна, то:

$V = 0,2618 \cdot D^2 \cdot H \cdot \kappa$

4 Цилиндр эллиптический,

$V = 0,7854 \cdot D \cdot H \cdot L$

если L неизвестна,

то:  $V = 0,7854 \cdot D^2 \cdot H \cdot \kappa$

6 Усеченный конус круговой

$V = 0,2618 \cdot H \cdot (D^2 + D \cdot d + d^2) \cdot \kappa$

6' при  $H = D, d = 0,5 \cdot D$

$V = 0,4581 \cdot H^3 \cdot \kappa$

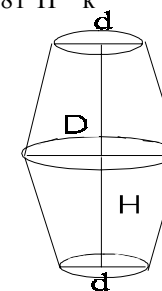


Рисунок 1. Основные формы клеток одноклеточных водорослей и соответствующие им геометрические фигуры

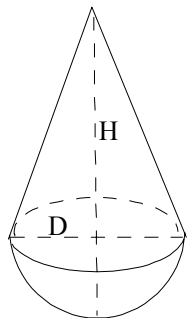
Условные обозначения

D – диаметр; H – высота; L – третья ось у эллипса и эллипсоида;

d – диаметр меньшего основания усеченного конуса;

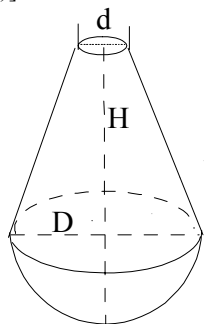
7 1/2 шара + конус

$$V = 0,2618 \cdot D^2 \cdot (1/2 \cdot D + H) \cdot \kappa$$



8 1/2 шара + усеченный конус

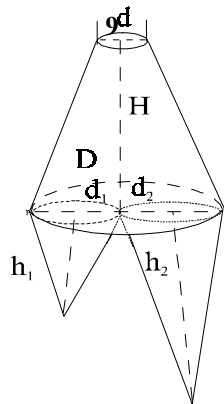
$$V = 0,2618 [D^3 + H - 1/2 \cdot D] \cdot (D^2 + D \cdot d + d^2) \cdot \kappa$$



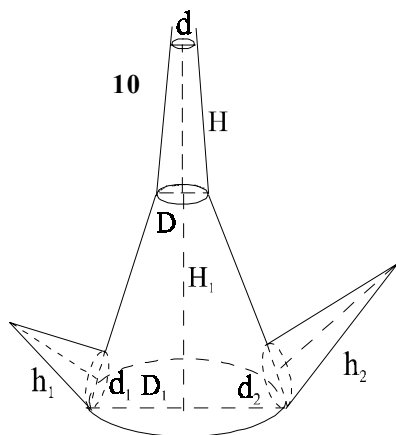
9 Усеченный конус + 2 конуса с одинаковыми основаниями

$$V = 0,2618 [H \cdot (D^2 + D \cdot d + d^2) + 0,0655 L \cdot D^2] \cdot \kappa$$

$$d_1 = d_2 = 1/2 D; h_1 + h_2 = L$$



10



10 2 усеченных конуса + 2 конуса с одинаковым основанием

$$V = 0,2618 [H (D^2 + D \cdot d + d^2) + H_1 \cdot (D_1^2 + D_1 \cdot D + D^2) + L \cdot d_1^2] \cdot \kappa$$

$$d_1 = d_2; h_1 + h_2 = L$$

Рисунок 2. Сложные формы клеток – комбинации из нескольких простых геометрических фигур: половина шара + конус (усеченный конус) и конуса + усеченные конуса. Все конуса круговые.

1	2	3	4	5	6
Aq	Strobilidiidae	<i>Rimostrombidium</i>	<i>sp.</i>	25	1
Aq	Strobilidiidae	<i>Rimostrombidium</i>	<i>sphaericum?</i>	5	1
Aq	Strobilidiidae	<i>Rimostrombidium</i>	<i>velox</i>	25	1
Aq	Strobilidiidae	<i>Strombidium</i>	<i>mucotectum</i>	25	1
Aq	Strobilidiidae	<i>Strombidium</i>	<i>sp.</i>	30	1
Aq	Strombidiidae	<i>Cyrtostrombidium</i>	<i>sp.</i>	18	1
Aq	Strombidiidae	<i>Laboea</i>	<i>strobila</i>	31	1
Aq	Strombidiidae	<i>Parastrombidium</i>	<i>sp.</i>	16	1
Aq	Strombidiidae	<i>Strombidium</i>	<i>acuminatum</i>	7	1
Aq	Strombidiidae	<i>Strombidium</i>	<i>acuminatum</i> <i>f. compressu</i>	29	1
Aq	Strombidiidae	<i>Strombidium</i>	<i>acutum</i>	18	1
Aq	Strombidiidae	<i>Strombidium</i>	<i>conicoides</i>	16	1
Aq	Strombidiidae	<i>Strombidium</i>	<i>conicum</i>	18	1
Aq	Strombidiidae	<i>Strombidium</i>	<i>elegans</i>	5	1
Aq	Strombidiidae	<i>Strombidium</i>	<i>faurei</i>	5	1
Aq	Strombidiidae	<i>Strombidium</i>	<i>filificum</i>	23	1
Aq	Strombidiidae	<i>Strombidium</i>	<i>inclinatum</i>	24	1
Aq	Strombidiidae	<i>Strombidium</i>	<i>lagenula</i>	5	1
Aq	Strombidiidae	<i>Strombidium</i>	<i>macronucleatu</i>	5	1
Aq	Strombidiidae	<i>Strombidium</i>	<i>sp.</i>	18	1
Aq/ Mc	Strombidiidae	<i>Strombidium</i>	<i>sp. 2 (cf. capitatum)</i>	6	1
Aq	Strombidiidae	<i>Strombidium</i>	<i>sp. 1 (globosaneu</i>	5	1
Aq	Strombidiidae	<i>Strombidium</i>	<i>stylifer</i>	25	1
Aq	Strombidiidae	<i>Strombidium</i>	<i>ventropinum?</i>	18	1
Aq	Strombidiidae	<i>Strombidium</i>	<i>viride</i>	16	1
Aq	Strombidiidae	<i>Strombidium</i>	<i>wulffi</i>	18	1
Aq	Strombidinopsidae	<i>Strombidinopsis</i>	<i>cheshiri</i>	22'	1
Aq	Strombidinopsidae	<i>Strombidinopsis</i>	<i>elegans</i>	28	1
Aq	Strombidinopsidae	<i>Strombidinopsis</i>	<i>elongata</i>	22'	1
Aq	Strombidinopsidae	<i>Strombidinopsis</i>	<i>multiauris</i>	25	1
Aq	Strombidinopsidae	<i>Strombidinopsis</i>	<i>spp.</i>	28	1
Aq	Trachelocercidae	<i>Tracheloraphis</i>	<i>spp.</i>	20	1

Продолжение таблицы					
1	2	3	4	5	6
Aф	Frontoniidae	<i>Frontonia</i>	<i>arenaria</i>	5	1
Aф	Frontoniidae	<i>Frontonia</i>	<i>marina</i>	5	1
Aф	Frontoniidae	<i>Frontonia</i>	<i>spp.</i>	5	1
Aф	Halteriidae	<i>Meseres</i>	<i>cardiformis</i>	24	1
Aф	Holophryidae	<i>Holophrya</i>	<i>marina</i>	5	1
Aф	Holophryidae	<i>Holophrya</i>	<i>nigricans</i>	5	1
Aф	Holophryidae	<i>Holophrya</i>	<i>pelagica</i>	5	1
Aф	Holophryidae	<i>Holophrya</i>	<i>spp.</i>	5	1
Aф	Holostichidae	<i>Holosticha</i>	<i>capitata</i>	13	1
Aф	Leegardiellidae	<i>Leegardiella</i>	<i>sp.</i>	8	1
Aф	Leegardiellidae	<i>Leegardiella</i>	<i>sp. ( Strob. probosciferum?)</i>	8	1
Aф	Mesodiniidae	<i>Mesodinium</i>	<i>acarus</i>	8	1
Aф	Mesodiniidae	<i>Mesodinium</i>	<i>pulex</i>	8	1
Aф	Metacyclidae	<i>Metacyclis</i>	<i>mediterranea</i>	23	0.46
Aф	Metacystidae	<i>Metacystis</i>	<i>crassa</i>	5	1
Aф	Metacystidae	<i>Vasicola</i>	<i>ciliata</i>	5	1
Aф	Metacystidae	<i>Vasicola</i>	<i>gracilis</i>	5	1
Aф	Oxytrichidae	<i>Oxytricha</i>	<i>spp.</i>	5	1
Aф	Peritromidae	<i>Peritromus</i>	<i>faurei</i>	5	1
Aф	Philasteridae	<i>Helicostoma</i>	<i>oblongum</i>	5	1
Aф	Philasteridae	<i>Philaster</i>	<i>digitiformis ?</i>	5	1
Aф	Plagiocampidae	<i>Plagyocampa</i>	<i>marina</i>	5	1
Aф	Plagiocampidae	<i>Plagyocampa</i>	<i>rouxi</i>	5	1
Aф	Plagiocampidae	<i>Plagyocampa</i>	<i>spp.</i>	5	1
Aф	Prorodontidae	<i>Prorodon</i>	<i>marinus</i>	5	1
Aф	Prorodontidae	<i>Prorodon</i>	<i>minutus</i>	5	1
Aф	Prorodontidae	<i>Prorodon</i>	<i>spp.</i>	5	1
Aф	Protocruziidae	<i>Protocruzia</i>	<i>adhaerens</i>	19	0.5
Aф	Pseudokeronopsidae	<i>Pseudokeronopsis</i>	<i>rubra</i>	13	1
Aф	Ptychocyliidae	<i>Favella</i>	<i>ehrenbergii</i>	26	0.36
Aф	Spathidiidae	<i>Spathidium</i>	<i>spp.</i>	22	1
Aф	Spirostomidae	<i>Blepharisma</i>	<i>spp.</i>	22	0.75
Aф	Stentoridae	<i>Stentor</i>	<i>spp.</i>	14	1
Aф	Stokesiidae	<i>Stokesia</i>	<i>sp.</i>	13	1
Aф	Strobilidiidae	<i>Pelagostrobilidium</i>	<i>sp.</i>	5	1
Aф	Strobilidiidae	<i>Pelagostrobilidium</i>	<i>spirale</i>	5	1
Aф	Strobilidiidae	<i>Rimostrombidium</i>	<i>caudatum</i>	30	1
Aф	Strobilidiidae	<i>Rimostrombidium</i>	<i>conicum</i>	25	1
Aф	Strobilidiidae	<i>Rimostrombidium</i>	<i>epacrum</i>	14	1

Продолжение рисунка 2.

Условные обозначения:

D – диаметр основания; у фигуры 9 – диаметр большего основания усеченного конуса; у фигуры 10 – диаметр большего основания первого усеченного конуса (апикального рога) и диаметр меньшего основания второго усеченного конуса одновременно;

H – у фигур 7 и 8 – высота всей фигуры; у фигуры 9 – высота усеченного конуса; у фигуры 10 – высота верхнего (первого) усеченного конуса.

d – диаметр меньшего основания усеченного конуса (у фигуры 10 – апикального рога);

d<sub>1</sub> и d<sub>2</sub> – диаметры конусов, d<sub>1</sub> = d<sub>2</sub>, у фигуры 9 они равны 0,5 D;

h<sub>1</sub> h<sub>2</sub> – высоты конусов, h<sub>1</sub> + h<sub>2</sub> = L;

H<sub>1</sub> – у фигуры 10 – высота нижнего усеченного конуса;

D<sub>1</sub> – у фигуры 10 – диаметр основания второго усеченного конуса

Формулы для клеток, имеющих “неправильную” форму [7, 8].

В данном случае - κ – коэффициент объемной полноты (пояснения в тексте)

### 11. Условно, куб

$$V = H^3 \cdot \kappa$$

H – максимальный размер клетки;

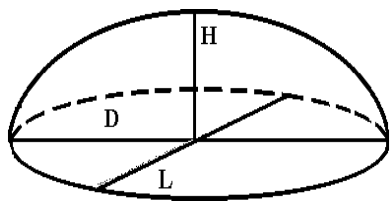
### 12. Условно, параллелепипед

$$V = D^2 \cdot H \cdot \kappa$$

**13 Сегмент эллипсоида**

$$V = 0,5236 \cdot H \cdot (H^2 + 0,75 \cdot L \cdot D)$$

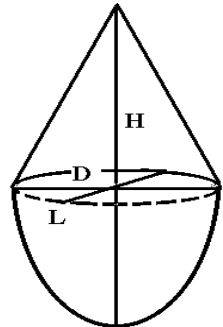
$$13' V = 0,5236 \cdot H \cdot (H^2 + 0,75 \cdot D^2 \cdot k)$$



**15 Конус + 1/2 эллипсоида с равными высотами**

$$V = 0,3927 \cdot D \cdot L \cdot H \cdot k$$

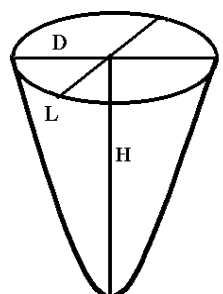
$$15' V = 0,3927 \cdot D^2 \cdot k \cdot H$$



**14 Сегмент параболоида**

$$V = 0,3927 \cdot D \cdot L \cdot H$$

$$14' V = 0,3927 \cdot D^2 \cdot k \cdot H$$



**16 Конус + 1/2 эллипсоида с разными высотами**

$$V = 0,5236 \cdot D \cdot L \cdot (0,5H + H_1)$$

$$16' V = 0,5236 \cdot D^2 \cdot k \cdot (0,5H + H_1)$$

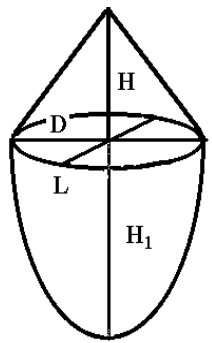


Таблица. Список видов планктонных инфузорий Черного моря

Тр. ст.* 1	Семейство 2	Род 3	Вид 4	Формула 5	Коеф 6
Аф	Actinobolinidae	<i>Enchelyomorpha</i>	<i>vermicularis</i>	5	1
Аф	Astylozoonidae	<i>Hastatella</i>	<i>radians</i>	8	1
Аф	Balanionidae	<i>Balanion</i>	<i>comatum</i>	22'	1
Аф	Chilodonellidae	<i>Chilodonella</i>	<i>spp.</i>	5	1
Аф	Chilodonellidae	<i>Phascolodon</i>	<i>vorticella</i>	22	1
Аф	Chlamyodontidae	<i>Chlamyodon</i>	<i>triquetrus</i>	5	1
Аф	Climacostomidae	<i>Fabrea</i>	<i>salina</i>	15	1
Аф	Codonellidae	<i>Codonella</i>	<i>cratera</i>	23	0.35
Аф	Codonellidae	<i>Tintinnopsis</i>	<i>baltica</i>	23	0.33
Аф	Codonellidae	<i>Tintinnopsis</i>	<i>karajacensis</i>	29	0.28
Аф	Codonellidae	<i>Tintinnopsis</i>	<i>meunieri</i>	23	0.33
Аф	Codonellidae	<i>Tintinnopsis</i>	<i>sp.</i>	23	0.33
Аф	Codonellidae	<i>Tintinnopsis</i>	<i>tubulosa</i>	28	0.24
Аф	Codonellopsidae	<i>Stenosemella</i>	<i>nivalis</i>	23	0.35
Аф	Codonellopsidae	<i>Stenosemella</i>	<i>ventricosa</i>	23	0.35
Аф	Colepidae	<i>Tiarina</i>	<i>fuscus</i>	20	1
Аф	Condylomatidae	<i>Condylostoma</i>	<i>arenarium</i>	23	0.75
Аф	Condylomatidae	<i>Condylostoma</i>	<i>vorticella</i>	23	0.75
Аф	Diophryidae	<i>Diophrys</i>	<i>appendiculata</i>	5	1
Аф	Diophryidae	<i>Diophrys</i>	<i>scutum</i>	5	1
Аф	Diophryidae	<i>Diophrys</i>	<i>spp.</i>	5	1
Аф	Dysteriidae	<i>Dysteria</i>	<i>spp.</i>	4	1
Аф	Enchelyidae	<i>Enchelus</i>	<i>sp.1</i>	5	1
Аф	Enchelyidae	<i>Enchelus</i>	<i>spp.</i>	23	1
Аф	Enchelyidae	<i>Enchelydium</i>	<i>sp.</i>	22	1
Аф	Euplotidae	<i>Euplotes</i>	<i>trisulcatus</i>	13	1
Аф	Euplotidae	<i>Euplotoides</i>	<i>eurystomus</i>	23	0.5
Аф	Euplotidae	<i>Euplotoides</i>	<i>patella</i>	13	1
Аф	Euplotidae	<i>Euplotoides</i>	<i>woodruffi</i>	13	1
Аф	Euplotidae	<i>Euplotopsis</i>	<i>affinis</i>	13	1
Аф	Euplotidae	<i>Euplotopsis</i>	<i>elegans</i>	13	1
Аф	Euplotidae	<i>Moneuplotes</i>	<i>balticus</i>	13	1
Аф	Frontoniidae	<i>Frontonia</i>	<i>acuminata</i>	5	1
Аф	Frontoniidae	<i>Frontonia</i>	<i>acuminata</i> <i>var. angusta</i>	5	1

Рисунок 3. Формы клеток инфузорий и соответствующие им фигуры, в основании которых лежит эллипс

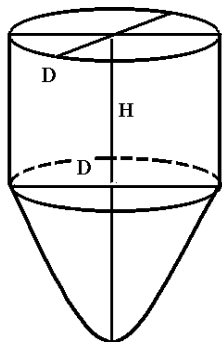
Условные обозначения:

D – ось эллипсоида; L – вторая ось эллипсоида;  
H – высота всей фигуры; у фигур 15, 17, 19 – высота параболоида;  
H<sub>1</sub> – у фигур 15 и 17 – высота конуса, у фигуры 19 - высота половины эллипсоида; ' – при неизвестном L.



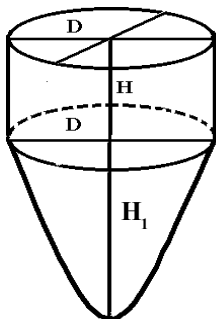
**29 Цилиндр круговой + параболоид с равными высотами**

$$V = (0,5890 \cdot D^2 \cdot H) \cdot k$$



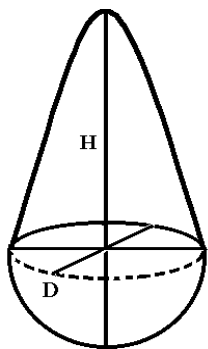
**30 Цилиндр круговой + параболоид с разными высотами**

$$V = 0,3925 \cdot D^2 \cdot (2H + H_1) \cdot k$$



**31 Параболоид вращения + 1/2 шара с общим основанием**

$$V = 0,2618 \cdot D^2 \cdot (1,5H + 0,25D) \cdot k$$



Продолжение рисунка 4.

Условные обозначения:

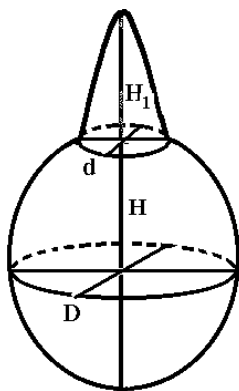
У фигуры 30 и 32:  $H_1$  – высота параболоида; У фигуры 32:  $d$  – диаметр основания параболоида.

**32 Эллипсоид вращения + параболоид**

$$V = 0,5236 \cdot (D^2 \cdot H + 0,75 \cdot d^2 \cdot H_1) \cdot k$$

**32'** При  $H_1 = 0,5 \cdot D$ ;  $d = 0,33 \cdot D$

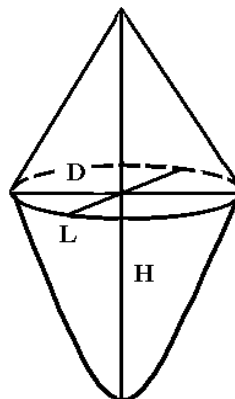
$$V = 0,5367 \cdot H \cdot D^2 \cdot k$$



**17 Конус эллиптический + параболоид с равными высотами**

$$V = 0,327 \cdot D \cdot L \cdot H \cdot k$$

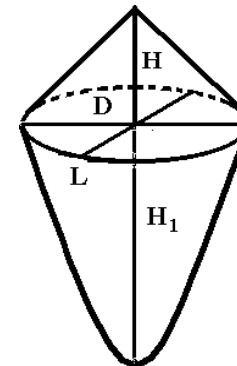
**17'**  $V = 0,327 \cdot D^2 \cdot k \cdot H$



**18 Конус эллиптический + параболоид с разными высотами**

$$V = 0,2618 \cdot D \cdot L \cdot (H_1 + 1,5H) \cdot k$$

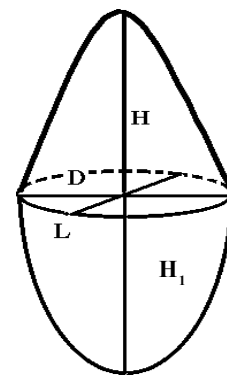
**18'**  $V = 0,2618 \cdot D^2 \cdot k \cdot (H_1 + 1,5H)$



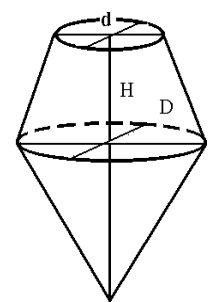
**19 Параболоид эллиптический + 1/2 эллипсоида с разными высотами**

$$V = 0,5236 \cdot D \cdot L \cdot (H_1 + 0,75 \cdot H) \cdot k$$

**19'**  $V = 0,5236 \cdot D^2 \cdot k \cdot (H_1 + 0,75 \cdot H)$



Продолжение рисунка 3.

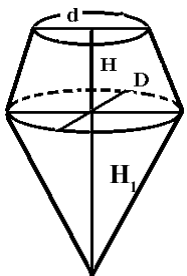


**20 Конус круговой + усеченный конус равной высоты**

$$V = 0,1309 \cdot H \cdot (2 \cdot D^2 + D \cdot d + d^2) \cdot k$$

20' При  $d = 0,65 \cdot D$

$$V = 0,4022 \cdot H \cdot D^2 \cdot k$$

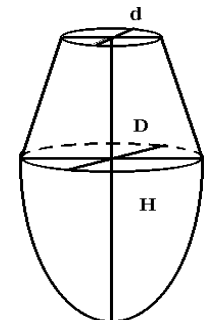


**22 Усечен. конус круговой + 1/2 вытянутого сфероида с разными высотами**

$$V = 0,1309 \cdot H \cdot (3 \cdot D^2 + D \cdot d + d^2) \cdot k$$

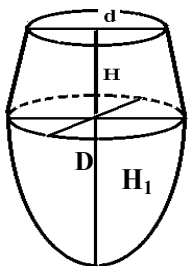
22' При  $d = 0,65 \cdot D$

$$V = 0,5331 \cdot H \cdot D^2 \cdot k$$



**21 Конус круговой + усеченный конус разной высоты**

$$V = 0,2618 \cdot (D^2 \cdot H + H_1 \cdot (D^2 + D \cdot d + d^2)) \cdot k$$



**23 Усеч. конус круговой + 1/2 вытянутого сфероида с равными высотами**

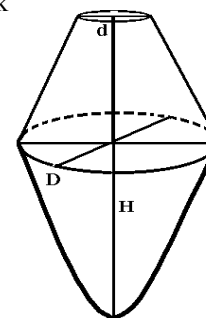
$$V = 0,2618 \cdot [2 \cdot H \cdot D^2 + H_1 \cdot (D^2 + D \cdot d + d^2)] \cdot k$$

**24 Усеченный конус круговой + параболоид с разными высотами**

$$V = 0,1309 \cdot H \cdot (2,5 \cdot D^2 + D \cdot d + d^2) \cdot k$$

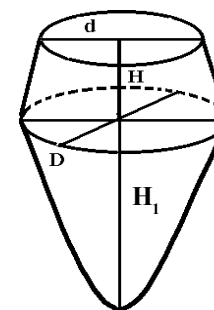
24' При  $d = 0,65 \cdot D$

$$V = 0,4676 \cdot H \cdot D^2 \cdot k$$



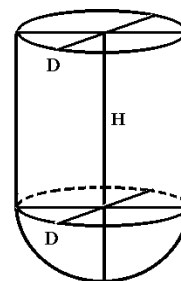
**25 Усеченный конус круговой + параболоид с равными высотами**

$$V = 0,2618 \cdot [D^2 \cdot (H + 1,499 \cdot H_1) + H \cdot d \cdot (D + d)] \cdot k$$



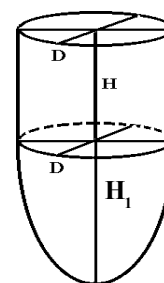
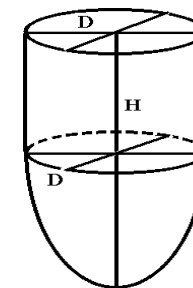
**26 Цилиндр круговой + 1/2 шара с общим основанием**

$$V = 0,1309 \cdot D^2 \cdot (6 \cdot H - D) \cdot k$$



**27 Цилиндр круговой + 1/2 вытянутого сфероида с равными высотами**

$$V = 0,6545 \cdot D^2 \cdot H \cdot k$$



**28 Цилиндр круговой + 1/2 вытянутого сфероида с разными высотами**

$$V = 0,5236 \cdot D^2 \cdot (1,5 \cdot H + H_1) \cdot k$$

Рисунок 4. Формы клеток инфузорий и соответствующие им фигуры, в основании которых лежит круг

Условные обозначения:

D – диаметр; d – диаметр меньшего основания усеченного конуса; H – высота всей фигуры, у фигур 21, 23, 25 – высота усеченного конуса, у фигуры 28 – высота цилиндра; H<sub>1</sub> – высота второй составляющей фигуры. Сфероид – сжатый эллипсоид вращения (эллипсоид с кругом в основании)

Продолжение рисунка 4.