

**ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ПЛАНКТОННЫХ ИНFUЗОРИЙ  
В ПРИЧЕРНОМОРСКИХ ЛИМАНАХ РАЗЛИЧНОГО ТИПА**

Изучены основные характеристики сообществ планктонных инфузорий в Тилигульском, Сухом и Шаболатском лиманах (северо-запад Черного моря), характеризующихся различным происхождением и степенью водообмена с морем. Приведены видовой состав, средние значения численности, биомассы и продукции, а также соотношение в планктоне основных трофических групп инфузорий. Показано уменьшение видового сходства инфузорий в изученных водоёмах по мере увеличения изоляции от моря.

Одними из приоритетных направлений хозяйственного использования лиманов являются рыбоводство и рыболовство, а также рекреация. Географическое положение, степень изолированности от моря, а также возрастающая антропогенная нагрузка на лиманы (зарегулирование питающих водотоков, дноуглубительные работы, строительство портов и баз отдыха, поступление неочищенных стоков) обуславливают непостоянство гидрологического и гидрохимического режимов, и, как следствие, основных гидробиологических показателей, которые относятся к разряду важнейших характеристик, отражающих состояние кормовой базы рыб [10]. Данные об инфузориях лиманов северного Причерноморья касаются, как правило, лишь наиболее массовых и крупных представителей раковинных форм из отряда Tintinnida, улавливаемых планктонной сетью [6, 9]. Так называемые «голые» инфузории из-за методических трудностей – широкого размерного диапазона (от 7 мкм до 2 мм), плохой сохранности при фиксации формалином, сложной процедуры идентификации – выпадают из рассмотрения при оценке запасов и продукции планктона. Между тем, это звено служит важнейшим стартовым кормом для личинок рыб; потребляя разнообразные пищевые ресурсы – от бактерий и РОВ до простейших и даже многоклеточных, инфузории оказывают серьёзное влияние на распределение потоков вещества и энергии в экосистеме [3, 4, 5]. Ввиду этого изучение таксономического состава всех групп инфузорий, видового разнообразия и условий его формирования, распределения их количественных и продукционных характеристик является актуальной задачей. Наши исследования выполнялись на трёх лиманах в северо-западной части Черного моря, отличающихся происхождением, степенью связи с морем и уровнем антропогенной нагрузки – Будацком (Шаболатском), Тилигульском и Сухом.

Шаболатский лиман относится к типу периодически открытых водоёмов и представляет собой мелководную (в среднем 1м) лагуну, отделённую от моря песчаной пересыпью шириной 50 – 250 м. Временная связь с морем осуществляется через канал Будаки, иногда через промоины в пересыпи. Лиман связан с низовьем Днестровского лимана каналами Бугаз-1 и Бугаз-2. Сухой лиман в настоящее время соединяется с морем глубоким (14 м) судоходным каналом, а его низовье фактически представляет собой морской залив. Верхняя часть более мелководна (до 1,5 м), северная и западная части отделены дамбой и превращены в пресноводные пруды. Тилигульский лиман, как и Сухой, является водоёмом, образованным затоплением морем речной долины. Он отделён от моря широкой (до 7 км) пересыпью, покрытой солончаками с многочисленными протоками и гипергалинными озёрами, и связан с морем каналом [10].

**Материал и методы.** Материал получен в результате комплексных съёмов, проведённых ОФ ИнБЮМ в мае – сентябре 2001 - 2002 гг. на Будацком (Шаболатском), Тилигульском и Сухом лиманах (рис. 1). Отбор проб планктона осуществлялся 1-литровым батометром с поверхности в прибрежных участках лиманов и батометром Молчанова с двух горизонтов (поверхность и придонный слой) в мористой части Тилигульского и Сухого лиманов (разрезы от верховья к морю). Количественный учёт инфузорий и их предварительная идентификация осуществлялись на живом материале методом прямого счёта в камере Богорова объёмом 5 мл в нескольких повторностях.

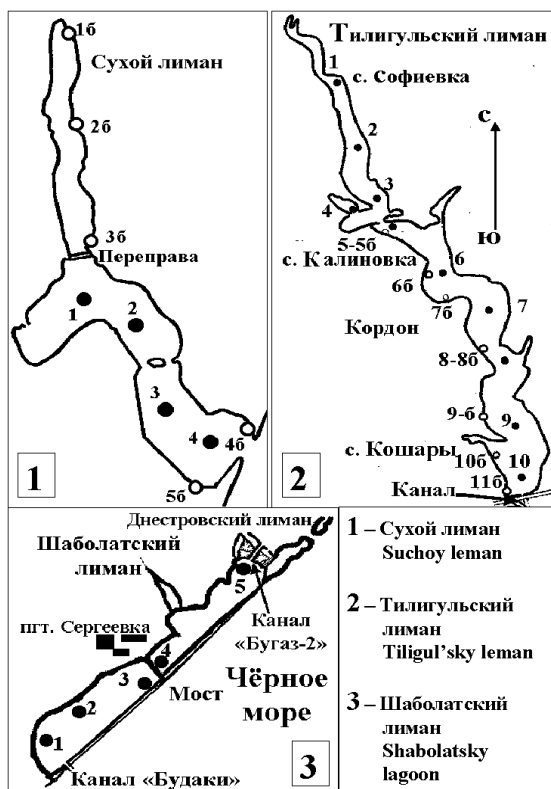


Рисунок 1. Схема отбора проб в исследуемых лиманах  
Figure 1. Scheme of the sampling sites

ровано 36 форм инфузорий. Наибольшее количество видов отмечается в прибрежной зоне в низовье лимана (ст. 96, 106, 116), где сказывается влияние притока воды с моря через канал. Там же (июнь 2001 г.) зарегистрированы максимальные значения численности - 117 млн. экз./м<sup>3</sup> и биомассы - 596,8 мг/м<sup>3</sup>, причём до 99,6 % численности и 98,6 % биомассы приходилось на миксотрофный вид *Myrionecta rubra*. Характерно, что в августе того же года «цветения» *M. rubra* в низовье не наблюдалось, численность инфузорий не превышала 0,6 млн. экз./м<sup>3</sup>, а биомасса - 13,4 мг/м<sup>3</sup>. В июне 2002 г. в низовье также было зарегистрировано максимальное количество видов, по сравнению с остальными исследованными районами. В прибрежье центральной части Тилигульского лимана (ст. 56) видовое богатство и показатели численности и биомассы уменьшаются, составляя 0,3 - 0,9 млн. экз./м<sup>3</sup>, 4 - 27 мг/м<sup>3</sup> (август 2001 г.) - 4,3 - 9 млн. экз./м<sup>3</sup>, 39 - 74 мг/м<sup>3</sup> (июнь 2002 г.). В удалении от берега в это же время (июнь 2002 г., ст. 5, 6) в приповерхностном слое численность и биомасса инфузорий была значительно выше, и составляла 14,6 - 31 млн. экз./м<sup>3</sup> и 117,8 - 210,7 мг/м<sup>3</sup>.

Характерной особенностью фауны инфузорий планктона Тилигульского лимана является очень незначительное различие видового состава инфузорий планктона в прибрежной и мористой частях: в пробах воды из прибрежных станций отмечаются, как правило, пелагические виды, включая тинтиниды.

Тем не менее, в удалении от берега видовое разнообразие ниже, чем в прибрежье. Доминируют, как правило, 3 - 4 вида, иногда достигая высоких значений численности. Так, в верховье лимана (ст. 1, август 2002 г.) в поверхностном и придонном слоях отмечалось массовое развитие мелкой тинтиниды *Tintinnopsis minuta*, достигавшей

Для уточнения таксономической принадлежности отдельных видов изготавливались тотальные постоянные препараты, окрашенные железным гематоксилином, или импрегнированные серебром [1, 2].

Биомасса вычислялась путём уподобления формы клеток инфузорий к простым геометрическим фигурам и их комбинациям с дальнейшим вычислением объёма последних на основании многочисленных промеров особей.

Трофическая специализация отдельных видов определялась микроскопированием при иммерсионных увеличениях содержимого цитоплазмы и пищеварительных вакуолей на временных и постоянных препаратах. При этом также использовались литературные данные [11, 12, 13]. Продукция вычислялась расчётным методом с учётом температурных поправок и рациона плотоядных инфузорий [4, 8].

**Результаты и обсуждение.** В общей сложности в планктоне изученных водоёмов идентифицировано 62 таксона инфузорий (согласно современной классификации [13]), из которых 48 определены до вида (табл. 1). В Тилигульском лимане идентифици-

Таблица 1. Виды инфузорий, идентифицированные в изученных лиманах  
Table 1. List of ciliates species identified in the investigated region

Таксон	Т*	С*	Ш*
Класс Heterotrichea Stein, 1859			
<i>Fabrea salina</i> Hunn., 1890	+		
Класс Hypotrichea Stein, 1867			
<i>Euplotes balteatus</i> (Duj., 1841)	+		+
<i>Euplotoides eurystomus</i> (Wrz., 1870)			+
<i>Euplotopsis elegans</i> (Kahl, 1932)		+	
<i>Aspidisca baltica</i> (Kahl, 1932)	+		
<i>Diophrys appendiculata</i> (Ehr., 1838)	+		
Класс Oligotrichea Bütschli, 1887			
<i>Laboea strobila</i> (Lohm., 1908)	+	+	
<i>Strombidium acutum</i> (Leeg., 1915)		+	
<i>S. conicoides</i> (Leeg., 1915)	+	+	
<i>S. conicum</i> (Lohm., 1908)	+	+	
<i>S. dalum</i> Lynn et al., 1988	+	+	
<i>S. emergens</i> (Leeg., 1915)	+	+	
<i>S. epidemum</i> Lynn et al., 1988	+		
<i>S. faurei</i> Drag., 1960	+		+
<i>S. inclinatum</i> Mont. et al., 1990		+	
<i>S. lagenula</i> F.-Fr., 1924		+	
<i>S. rhynchum</i> Lynn et al., 1988		+	
<i>S. tressum</i> Lynn et al., 1988		+	
<i>S. vestitum</i> (Leeg., 1915)	+	+	
<i>S. viride</i> Stein, 1867		+	
<i>Strombidium cf. capitatum</i>	+	+	
<i>Strombidinopsis elegans</i> Song et Bradb., 1998	+		+
<i>S. cheshiri</i> Snyder et Ohman, 1991		+	
<i>Strobilidium mucotectum</i> (Bush, 1924)	+		
<i>Pelagostrobilidium spirale</i> (Leeg., 1915)	+	+	
<i>Rimostrombidium caudatum</i> (Kahl, 1932)		+	+
<i>R. conicum</i> (Kahl, 1932)			+
<i>R. epacrum</i> Lynn et Mont., 1988		+	
<i>R. humile</i> (Penard, 1922)			+
<i>Lohmanniella oviformis</i> (Leeg., 1915)	+	+	
<i>Tintinnidium mucicola</i> (Clap. et Lachm., 1858)		+	
<i>Tintinnopsis karajacensis</i> Brandt, 1908	+		
<i>T. minuta</i> Wailes, 1925	+	+	
<i>T. parvula</i> Jörg., 1912	+		
<i>Metacylis mediterranea</i> (Mereschk., 1881)	+	+	
<i>Favella cf. ehrenbergii</i> (Clap. et Lachm., 1858)		+	
<i>Eutintinnus lusus-undae</i> (Entz, 1884)	+	+	
Класс Litostomatea Small et Lynn, 1981			
<i>Didinium gargantua</i> Meun., 1907	+	+	
<i>Monodinium balbianii</i> Fab.-Dom., 1888	+		+
<i>Askenasia stellaris</i> (Eichw., 1852)		+	+
<i>Mesodinium cf. pulex</i> (Clap. et Lachm., 1858)			+
<i>Myrionecta rubra</i> (Lohm., 1908)	+	+	+
Класс Nassophoria Small et Lynn, 1981			
<i>Tiarina fusus</i> (Clap. et Lachm., 1857)	+	+	
<i>Urotricha farcta</i> Clap. et Lachm., 1858			+
<i>U. ovata</i> Kahl, 1927	+	+	
<i>Vasicola ciliata</i> Tatem, 1869		+	
<i>Holophrya pelagica</i> Lohm., 1920		+	
Класс Oligohymenophorea de Puytorac et al., 1974			
<i>Helicostoma oblongum</i> Cohn, 1866			+

\* - С – Сухой лиман, Т – Тилигульский лиман, Ш – Шаболатский лиман

\* - C – Suchoy leman, T – Tiligul'sky leman, Ш – Shabolatsky lagoon

численности 18 млн. экз./м<sup>3</sup>. Среди других доминирующих видов следует отметить *Strombidium cf. capitatum*, *S. conicoides*, *S. vestitum*, *Lohmanniella oviformis*, *Didinium* sp., *Urotricha* spp. Распределение инфузорий по глубине в мелководной северной части лимана и в низовье (ст. 1 – 5, ст. 10) характеризуется более высокой численностью и биомассой в придонном слое (рис. 2).

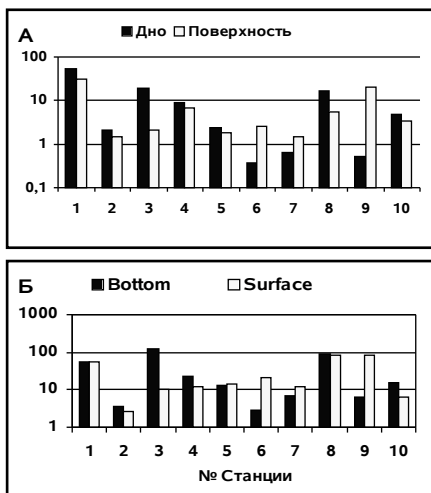


Рисунок 2. Распределение (А) численности (млн. экз./м<sup>3</sup>) и (Б) биомассы (мг/м<sup>3</sup>) в Тилигульском лимане

Figure 2. Distribution (A) of cell number (10<sup>6</sup> ind./m<sup>3</sup>) and (B) biomass (mg/m<sup>3</sup>) of ciliates in the Tiligul'sky leman

В глубоководной (8,5 – 17,5 м) нижней части лимана распределение имеет обратный характер (за исключением ст. 8), что в условиях изотермии, скорее всего, связано с распределением пищевых ресурсов. Обращает на себя внимание низкий уровень развития альгофагов в трофической структуре сообщества (табл. 2). Максимальная численность – до 30 млн. экз./м<sup>3</sup> у поверхности и 53,6 млн. экз./м<sup>3</sup> у дна – зарегистрирована в верховье лимана (ст. 1), наиболее низкие – 1,44 – 1,8 млн. экз./м<sup>3</sup> – в центральной части (ст. 5 – 7). Максимальная биомасса отмечена на ст. 1 (55,2 – 73,45 мг/м<sup>3</sup>) и ст. 8 – 9 (83,1 – 86,8 мг/м<sup>3</sup>); наибольшее видовое богатство – на ст. 8 – 9. Наиболее массовые виды – *Myrionecta rubra* (до 117 млн. экз./м<sup>3</sup>), *Lohmanniella oviformis* и *Tintinnopsis minuta* (26 – 28 млн. экз./м<sup>3</sup>). Фауна инфузорий планктона Тилигульского лимана имеет, в целом, морской характер. Большинство обнаруженных видов характерно для прибрежной зоны Чёрного моря.

В Сухом лимане идентифицировано 36 форм инфузорий, характерных также для северо-западной части Чёрного моря. В пресноводной части лимана обнаружен один вид – пресноводный *Strombidium viridae*. Основу численности и биомассы составляют олиготрихиды, в том числе и крупные тинтинниды (*Favella ehrenbergii*), характерные для пелагиали морей. Характерной особенностью фауны планктонных инфузорий Сухого лимана является преобладание пелагических видов с альготрофной стратегией (табл. 2). Доминируют инфузории средних и крупных размеров, достигающие при относительно невысокой численности – 2,2 – 26,9 млн. экз./м<sup>3</sup> высокой биомассы – 57,7 – 199,2 мг/м<sup>3</sup>. Среди альгофагов преобладают потребители перидиниевых водорослей – *Strombidinopsis cheshiri*, *Strombidium lagenula*, *Tiarina fusus*, *Pelagostrobilidium spirale*, различные голофрииды и вышеупомянутые тинтинниды, что хорошо согласуется с высокими показателями численности перидиней в планктоне лимана [7].

Распределение по глубине по данным разреза (рис. 3) характеризуется высокими значениями численности и биомассы в приповерхностном слое по сравнению с придонным (7 – 13 м). Максимальные значения зарегистрированы на ст. 2 и 3. Основу биомассы (364,5 – 745 мг/м<sup>3</sup>) составляли тинтинниды (*Eutintinnus lusus-undae*, *Favella cf. ehrenbergii*, включая стадию *Coxiella*). Численность инфузорий в поверхностном горизонте вдоль лимана относительно постоянна – 2,7 – 3,8 млн. экз./м<sup>3</sup>.

Наибольшее видовое разнообразие наблюдалось на ст. 1, где по численности и биомассе (79 и 44 % соответственно) доминировали микрофаги. Видовое богатство, как правило, выше в прибрежных участках.

Фауна инфузорий Шаболатского лимана к настоящему времени насчитывает 22 таксона. Для лимана характерно аномально высокое развитие автотрофного пикопланктона (предположительно, цианобактерии из рода *Synechococcus*), что, по всей видимос-

Таблица 2. Основные характеристики цилиатопланктона в изученных водоёмах  
Table 2. General characteristics of ciliatoplankton in the investigated pools

Параметры	Тилигульский	Сухой	Шаболатский
Солёность за период исследований, ‰	18,23 – 20,84	16,62 – 18,46	2,4 – 16,23
Температура за период исследований, °С	16,4 – 24,6	18,5 – 23,2	20,8 – 21,4
Численность, млн. экз./м <sup>3</sup>	0,82 – 117,5	0,04 – 26,87	0,95 – 83,4
Среднее	17,76 ± 5,07	3,27 ± 1,66	23,5 ± 9,87
Биомасса, мг/м <sup>3</sup>	2,66 – 733,7	0,20 – 745,1	17,07 – 1277,3
Среднее	107,26 ± 30,62	113,23 ± 49,82	314,86 ± 156,38
Среднесуточная продукция, мг/м <sup>3</sup> · сут.	144,2 ± 60,93	106,97 ± 43,5	254,86 ± 201,25
Отношение к солёности (по количеству видов)			
Пресноводные	-	2 (5,7 %)	4 (18,2 %)
Солоноватоводные	2 (5,5 %)	3 (8,6 %)	3 (13,6 %)
Морские	24 (66,7 %)	23 (62,9 %)	3 (13,6 %)
Эвригалинные	10 (27,8 %)	8 (22,9 %)	12 (54,5 %)
Трофическая структура (по количеству видов)			
Альгофаги	19 (53 %)	20 (55,6 %)	16 (72,7 %)
Микрофаги	9 (25 %)	7 (19,4 %)	3 (13,6 %)
Миксотрофы	4 (11 %)	7 (19,4 %)	1 (4,5 %)
Хищники	4 (11 %)	2 (5,6 %)	2 (9,1 %)
Трофическая структура - средняя численность/средняя биомасса, %			
Альгофаги	6/14	24/82	19,5/68,3
Микрофаги	42/25	22/5	72,5/15,7
Миксотрофы	49/53	53/11	0,2/0,1
Хищники	3/8	1/2	7,8/15,9
Видовое разнообразие, в среднем, бит/пробу (индекс Шеннона-Уивера)	2,184 ± 0,24	1,441 ± 0,118	1,109 ± 0,279
Всего видов	36	36	22

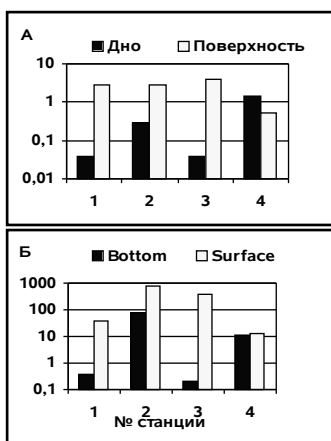


Рисунок 3. Распределение (А) численности (млн. экз./м<sup>3</sup>) и (Б) биомассы (мг/м<sup>3</sup>) в Сухом лимане  
Figure 3. Distribution (А) of cell number, 10<sup>6</sup> (ind./m<sup>3</sup>) and (Б) biomass (mg/m<sup>3</sup>) of ciliates in the Suchoy liman

ти, явилось следствием попадания в воду лимана отходов после мытья грязевых танков курорта Сергеевка, вызвавшего массовую гибель гидробионтов [10], и продолжающегося поступления неочищенных стоков с расположенных на побережье баз отдыха. В планктоне преобладают микрофаги (табл. 2). Характерной особенностью является почти полное отсутствие миксотрофных форм (не более 0,18 % от средней биомассы), что может быть обусловлено низкой прозрачностью воды (0,26 – 0,5 м по диску Секки) из-за «цветения» воды. Часто в массе развиваются пресноводные виды – *Rimostrombidium humile*, *Euplotoides eurytomus*. В мае 2002 г. при интенсивном «цветении», численность инфузорий достигала 83,4 млн. экз./м<sup>3</sup>, биомасса – 276,9 мг/м<sup>3</sup>. Доминировали микрофаги и альгофаги – *Rimostrombidium humile*, *R. conicum*, *Cyclidium* sp. В июле уровень «цветения» снизился, видовое богатство инфузорий возросло. Доминирующими оставались микрофаги, однако численность и биомасса инфузорий уменьшилась до 0,95 – 17 млн. экз./м<sup>3</sup> и 26,2 – 131,6 мг/м<sup>3</sup>. Наблюдения над пищевым поведением некоторых видов (*Euplotes balteatus*, *Cyclidium* sp., *R. conicum*) во время «цветения», а также отмеченная деформация клеток *E. balteatus* в результате переполнения пищеварительных вакуолей цианобактериями, позволяют заключить, что инфузории могут играть значительную роль в качестве потребителей пикопланктона в Шаболатском лимане.

Облик видового состава инфузорий лиманов также в значительной мере обусловлен их связью с морем. Все виды, найденные в Сухом лимане, встречаются в северо-

западной части Чёрного моря. В Тилигульском и Шаболатском таких видов соответственно 88,9 и 77,3 %. Общность видового состава (по индексу Чекановского-Сёренсена) составила: Сухой-Тилигульский – 26,4 %, Тилигульский-Шаболатский – 15,5 %, Шаболатский-Сухой – 6,9 %. Наиболее низкие показатели видового разнообразия отмечены в Шаболатском лимане, подверженном интенсивной антропогенной нагрузке. Максимальные значения суточной продукции (1350,5 – 1353,8 мг/м<sup>3</sup>сут.) – в Тилигульском и Шаболатском лиманах.

**Заключение.** Приведённые данные позволяют пополнить сведения о фауне и продукционных характеристиках лиманов северо-западного Причерноморья. Отмеченные особенности развития цилиагопланктона - уменьшение видового богатства, разнообразия и увеличение средней численности и продукции, с возрастанием изоляции от моря - отражают состояние сообществ в условиях гетерогенности окружающей среды.

1. *Агамалиев Ф. Г.* Инфузории Каспийского моря. Л.: Наука, 1983.- 232 с.
2. *Алекперов И. Х.* Новая модификация импрегнации кинетома инфузورий протеинатом серебра // Зоол. журн. – 1995. - 7, вып. 2. – С. 130 – 133.
3. *Александров Б. Г., Курилов А. В.* Биотический баланс сообщества пелагиали прибрежной зоны Чёрного моря // Экология моря. – 2002. – Вып. 61. – С. 5 – 10.
4. *Андрушайтис А. Г.* Скорость размножения массовых видов планктонных инфузурий в Рижском заливе / Экология морских и пресноводных простейших. – Протозоология. – Вып. 13. – Л.: Наука, 1990. – С. 17 – 25.
5. *Бурковский И. В.* Экология свободноживущих инфузурий. – М.: Изд-во МГУ, 1984. – 208 с.
6. *Коваль А. Г., Кацегой Т. П., Морозовская О.И.* и др. Особенности современного состояния планктона прибрежной зоны северо-западной части Чёрного моря и причерноморских лиманов / Мат. 3 съезда ВГБО (11 – 15 мая 1976 г., Рига). – 1. – Рига: Зинатне, 1976. – С. 150 – 153.
7. *Нестерова Д. А.* Фитопланктон Сухого лимана и сопредельной части Чёрного моря // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – 1 (6). - Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2002. - С. 328 – 337.
8. *Павловская Т. В.* Питание и размножение массовых видов инфузурий: автореф. дисс. ..канд. биол. наук. – Севастополь, 1971. – 20 с.
9. *Полищук А. Н., Настенко Е. В.* Зоопланктон Сухого лимана и прилегающего участка северо-западной части Чёрного моря // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – 1 (6). - Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2000. – С. 346 – 355.
10. *Старушенко А. И., Бушуев С. Г.* Причерноморские лиманы Одесщины и их рыбохозяйственное использование. – Одесса: Астропринт, 2001. – 152 с.
11. *Maeda M., Carey P. G.* An illustrated guide to the species of the Family Strombidiidae (Oligotrichida, Ciliophora), free-swimming protozoa common in the aquatic environment. – Bull. Ocean Res. Inst., Univ. Tokyo. - 1985. - № 19. - 68 p.
12. *Maeda M.* An illustrated guide to the species of the Families Halteriidae and Strobilidiidae (Oligotrichida, Ciliophora), free-swimming protozoa common in the aquatic environment. – Bull. Ocean Res. Inst., Univ. Tokyo, 1986. - № 21. - 67 p.
13. *Traite de Zoologie. Anatomie, systematique, biologie. Tome II. Infusories cilies / Puytorac P. De [Ed.] // Fascicule 2. Systematique. - Masson: Paris, Milan, Barcelone, 1994. - 880 p.*

ОФ Института биологии южных морей НАН Украины,  
г. Одесса

Получено 23.06.2003

A. V. KURILOV

#### FEATURES OF PLANKTONIC CILIATES ASSEMBLAGES IN THE BLACK SEA LAGOON AND ESTUARIES OF VARIOUS TYPES

##### Summary

The basic characteristics of assemblages of planktonic ciliates such as species composition, average values of number and biomass, trophic structure and daily production are investigated in the lagoon and two distinct estuaries with a various parentage and different water-swap with the sea. List of species and features of ciliatoplankton for each of examined pools are presented.