

УДК 593.17(262.54)

## ХАРАКТЕРИСТИКА СООБЩЕСТВА ПЛАНКТОННЫХ ИНFUЗОРИЙ АЗОВСКОГО МОРЯ

© 2013 г. Н. А. Шляхова

*Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства,  
Ростов-на-Дону, 344002  
E-mail: redihunda@mail.ru*

Поступила в редакцию 14.10.2013 г.

Среди азовских планктонных инфузорий доминируют безраковинные солоноватоводные олихотрихиды с размерами от 10 до 200 мкм. В Таганрогском заливе преобладают мелкие организмы, в собственно море – средние, значимость крупных возрастает от весны к осени, в последние годы наблюдается увеличение мелких организмов. Среднегодовое значение численности и биомассы инфузорий в 2005–2012 гг. составляют в Таганрогском заливе 6,7 млн экз/м<sup>3</sup> и 216 мг/м<sup>3</sup>, в собственно море – 4,7 млн экз/м<sup>3</sup> и 237 мг/м<sup>3</sup> соответственно.

**Ключевые слова:** инфузории, таксономическая и размерная структуры, сезонная динамика, численность, биомасса.

### ВВЕДЕНИЕ

Одной из важных составляющих планктонного сообщества водоемов являются инфузории (Шляхова, 2000; Курилов, 2005; Кренева, 2006). Эти одноклеточные первичные гетеротрофы трансформируют органическое вещество в толще воды, будучи промежуточным звеном от мелких форм к крупным консументам. Особенно велико их значение в биологии эвтрофных водоемов. Планктонные инфузории являются значимым компонентом в круговороте биогенных веществ в водных экосистемах разного типа. Они обладают высокими скоростями эколого-физиологических процессов, что существенно повышает их роль в функционировании экосистем; составляют значительную долю в рационе водных беспозвоночных и личинок рыб (Павловская, Печень, 1971), а также играют большую роль в продукционно-деструкционных процессах в пелагиали водоемов. Сообщество планктонных инфузорий обладает высокой чувствительностью к состоянию среды, реагируя на ее изменение сменой доминирующих видов и перестройкой структуры сообществ, а также изменениями плотности и биомассы.

Изучение инфузорий особенно актуально для Азовского моря, характеризующегося высокой биологической продуктивностью. Существенное значение для развития инфузорий имеют соленость, температура, уровень загрязнения и другие показатели, которые опосредованно влияют на развитие этих организмов, обуславливая изменения концентрации микроводорослей и бактериопланктона, являющихся их основной пищей. Определяющими для уровня обилия планктонных инфузорий являются трофический фактор и пресс выедания их мезозоопланктоном и личинками пелагических рыб (Бурковский, 1984). В Азовском море для инфузорий пищевой фактор не является лимитирующим, особенно в летне-осенний период, когда наблюдаются высокие значения первичной и бактериальной продукции. Уровень биомассы инфузорного планктона

тесно связан с интенсивностью развития мезозoopланктона, особенно копепод (Арсланова, 1983).

Несмотря на большую значимость планктонных инфузорий в функционировании водных экосистем в гидробиологических исследованиях, им уделялось недостаточно внимания. Что касается Азовского моря, то имеющиеся сведения по этому вопросу были фрагментарны (Зайка, 1973; Зайка и др., 1976) и не давали достаточного представления о количественных характеристиках инфузорий, их таксономической и размерной структурах. Наши исследования, начатые в 1995 г., восполняют эти пробелы.

#### МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материал для изучения планктонных инфузорий получен в комплексных рейсах АзНИИРХа по стандартной сетке станций, учитывающей гидрологические особенности Азовского моря (рис. 1). Отбор проб проводили батометром Ван-Дорна. Фиксацию проб проводили глотаральдегидом на борту судна сразу после отбора. В работе анализируются данные, полученные в трех рейсах ежегодно (апрель, июль-август, октябрь) на 34 станциях в 2005–2012 гг. (Таганрогский залив – 252 пробы, собственно море – 462 пробы).

Для исследования количественных показателей развития инфузорий был использован люминесцентный метод Кэрона (Caron, 1983) с некоторыми модификациями (Шляхова, 1999). Препараты готовили в стационарных условиях. Пробу окрашивали раствором люминесцентного красителя примулина. Фильтрование окрашенной пробы проводили при слабом вакууме через лавсановый ядерный фильтр с диаметром пор 1 мкм. Для приготовления препарата использовали нефлуоресцирующее иммерсионное масло. Просмотр препаратов проводили на микроскопе с люминесцентной лампой при увеличении 16х10. При микроскопировании просматривали 50–100 полей зрения, проводили измерения всех встречаемых инфузорий с учетом их формы. Индивидуальную массу инфузорий вычисляли исходя из уподобления формы их тела простым геометрическим фигурам, объем



Рис. 1. Схема отбора проб в стандартных рейсах АзНИИРХа в Азовском море.

Fig. 1. Scheme of sampling in standard monitoring surveys of AzNIIRKH in the Sea of Azov.

которых рассчитывался. Удельный вес организмов принимали равным единице. Численность организмов рассчитывали по формуле, в которой учитывается площадь фильтра, площадь поля зрения и количество встреченных организмов (Романенко, Кузнецов, 1974). Биомассу подсчитывали на основе индивидуальных масс и численности организмов. Видовой состав определен далеко не полно ввиду особенностей люминесцентного метода, не позволяющего тщательно исследовать строение таксонов.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Наше исследование позволило охарактеризовать сообщество планктонных инфузорий Азовского моря по следующим показателям: таксономической и размерной структурам, сезонной динамике численности и биомассы, — а также определить их роль в формировании биомассы гетеротрофов первого порядка, т.е. всего зоопланктонного сообщества.

**Таксономическая структура.** В целом видовой состав планктонных инфузорий Азовского моря и многих других морей сходны (Курилов, 2005; Миронова и др., 2009) вследствие того, что большинство видов инфузорий — космополиты. Как и в других морях, в пелагиали Азовского моря доминируют безраковинные олиготрихиды из родов *Strombidium*, *Strobilidium* и *Lochmaniella*. Тинтинииды — инфузории, имеющие домик, характеризовались богатым видовым разнообразием и иногда достигали массового развития (например, в апреле 2012 г. на одной станции в Таганрогском заливе их численность достигала 26 млн экз/м<sup>3</sup>). Определены 9 видов инфузорий, относящихся к роду *Tintinnopsis* Stein, 1867. Наиболее часто в Таганрогском заливе встречались *T. minuta* Wailes, 1925 и в собственно море — *T. cylindrica* Daday, 1886.

Характерной особенностью Азовского моря является значительное количество солоноватоводных видов из-за более низкой по сравнению с другими морями соленостью воды. Среди азовских инфузорий наиболее богат видами отряд Oligotrichida. К постоянному таксономическому комплексу инфузорий азовских вод относятся виды *Strombidium nasutum* Smith, 1897, *S. conicum* (Lochmann, 1908), *Lochmaniella oviformis* (Leegaard, 1915), а также мелкие стромбидиумы и стробилидиумы. Типичными представителями планктонного сообщества инфузорий Азовского моря являются виды из родов *Mesodinium* и *Didinium*. В опресненной восточной части Таганрогского залива единично встречаются пресноводные инфузории *Condylostoma vorticella* Echeb., 1833, *Amphileptus tracheloides* (Zach., 1993), *Stentor polymorphus* (Muller, 1786). В придонном слое отмечались *Euplotus affinis* (Dujardin, 1842). Морские виды инфузорий, такие как *Strombidium pelagicum* (Faure-Fr., 1924), *S. cornucopiae* (Wailes, 1929) и *Prorodon marinum* (Clap. et Lachm., 1858), были обнаружены только в собственно море. Нами отмечена инфузория *Myrionecta rubra* (Lochmann, 1859), развивающаяся в районах с повышенным содержанием органического вещества, где она иногда образует так называемый «красный прилив» (Ryther, 1967). В Азовском море эта инфузория отмечалась единично в летне-осенний период на акватории собственно моря и в прилегающем к нему районе Таганрогского залива, но иногда на отдельных станциях наблюдалось ее массовое развитие, как, например, в октябре 2011 г. в южном районе собственно моря, где ее численность достигала 23 млн экз/м<sup>3</sup>.

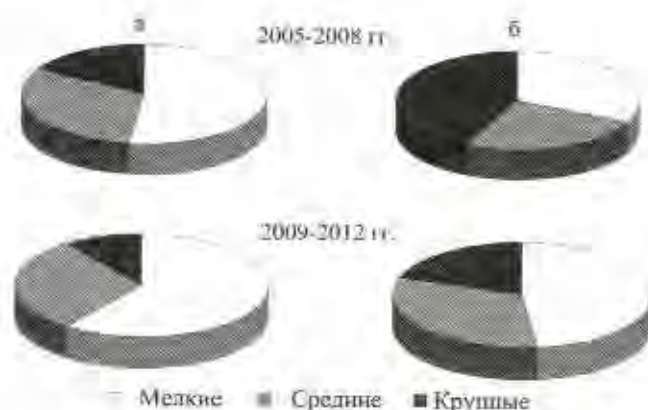


Таким образом, основу сообщества Азовского моря составляют солоноватоводные инфузории.

**Трофическая структура.** Функциональное значение инфузорий в водных экосистемах в значительной степени определяется их ролью в трофических сетях. Планктонным инфузориям свойственна высокая избирательность в отношении пищевых частиц (Samuelsson et al., 2006). Деление инфузорий на группы в зависимости от используемых ими пищевых объектов является условным, поскольку они могут изменять предпочтение и переходить с одного вида пищи на другой (Бурковский, 1984).

По типу питания большинство инфузорий Азовского моря – гетеротрофы, однако есть исключения. Так, инфузория *Myrionecta rubra* – облигатный автотроф, характерной особенностью которой является наличие в ее теле симбиотических водорослей или хлоропластов (Taylor et al., 1971), что позволяет ей питаться органическим веществом, продуцируемым симбионтами в процессе фотосинтеза. Гетеротрофные инфузории по типу питания делятся на микрофагов, питающихся бактериями и детритом, фитофагов (или альгофагов), потребляющих водоросли, а также хищных инфузорий, питающихся инфузориями и другими мелкими организмами. В сообществе азовских инфузорий присутствуют все перечисленные выше группы, доминирующими являются фито- и бактериофаги.

**Размерная структура.** Размеры и строение ротового аппарата определяют трофические возможности всех простейших. Азовские инфузории в основном имеют размеры от 10 до 200 мкм, что соответствует данным по Мировому океану (Заика, 1973). Наиболее часто в азовских водах встречаются таксоны с размерами клеток 20–50 мкм. Высота домиков типтинниид изменяется от 50 до 120 мкм, а тела – от 20 до 80 мкм. Общепринято выделение определенных размерных фракций инфузорий: мелкие – 10–30 мкм, средние – 35–60 мкм и крупные – 65 мкм и более. Анализ размерной структуры планктонных инфузорий Азовского моря свидетельствует о том, что она различается по районам. Так, в Таганрогском заливе размеры организмов довольно стабильны на протяжении всех лет исследований (рис. 2, а). Мелкие организмы преобладают в течение всего вегетационного перио-



**Рис. 2.** Размерная структура планктонных инфузорий Азовского моря, %: а – Таганрогский залив, б – собственно море.

**Fig. 2.** Size structure of planktonic infusoria in the Sea of Azov, %: а – the Taganrog Bay, б – the sea proper.

да, в последние годы их доля еще более возросла. Значимость средних и крупных организмов в сообществе изменяется незначительно.

В собственно море в 2005–2008 гг. на протяжении всего вегетационного сезона доминировали крупные и средние организмы. В 2009–2012 гг. ситуация изменилась (рис. 2, б). В эти годы в море отмечена высокая доля мелкой фракции инфузорий (более 50%) и снижение значимости крупной, особенно в осенний период.

Таким образом, как в Таганрогском заливе, так и в открытом море в современный период наблюдается увеличение доли мелкой фракции планктонных инфузорий. Такие изменения в размерной структуре сообщества инфузорий, по-видимому, обусловлены увеличением интенсивности потребления крупных организмов мезозoopланктоном, количество которого в последние годы возросло.

Рассматривая размерную структуру в контексте трофических взаимоотношений, можно условно отнести организмы с размерами до 30 мкм к микрофагам, а остальные – к альгофагам. Многочисленные исследования (Курилов, 2005) показали, что наиболее представительной во всех изученных водоемах является группа альгофагов. Они составляют основу сообщества по количественным показателям и видовому богатству. Наши данные свидетельствуют о том, что в разных районах Азовского моря размерная и трофическая структуры инфузорий различны. Так, в Таганрогском заливе на протяжении всего вегетационного периода она довольно стабильна, преобладают микрофаги. В собственно море весной также доминируют микрофаги, к осени увеличивается количество альгофагов. В целом для Азовского моря в последние годы характерно увеличение значимости микрофагов, особенно в собственно море. Изменения в размерной структуре планктонных простейших сказались на их индивидуальной массе – средняя масса в последние годы снизилась (табл. 1).

*Сезонная динамика количественных показателей.* Основными количественными характеристиками развития планктонных инфузорий являются их численность и биомасса. Эти параметры могут быстро изменяться под влиянием различных факторов внешней среды. В толще азовских вод инфузории распределены довольно равномерно. Среднее значение численности и биомассы инфузорного планктона в период с 2005 по 2012 гг. составляло в Таганрогском заливе 6,7 млн экз/м<sup>3</sup> и 216 мг/м<sup>3</sup>, в собственно море – 4,7 млн экз/м<sup>3</sup> и 237 мг/м<sup>3</sup> соответственно.

**Таблица 1.** Средняя масса (10<sup>-3</sup> мг) планктонных инфузорий Азовского моря

**Table 1.** Average weight (mg 10<sup>-3</sup>) of planktonic infusoria in the Sea of Azov

Период, гг.	Сезон			Средние
	Весна	Лето	Осень	
Таганрогский залив				
2005–2008	5,6	3,1	4,1	4,3
2009–2012	2,4	1,7	2,1	2,1
Собственно море				
2005–2008	7,7	6,5	7,3	7,2
2009–2012	3,2	2,9	4,1	3,4

В ходе многолетних исследований была выявлена сезонная динамика развития планктонных инфузорий в Азовском море. Для Таганрогского залива и собственно моря она различна (Шляхова, Поликарпов, 1997; Шляхова, 2000). В Таганрогском заливе максимум биомассы и численности отмечался весной, в дальнейшем интенсивность развития инфузорий снижалась. В собственно море до 2008 г. (табл. 2) наибольшая численность и биомасса инфузорий наблюдались в летне-осенний период.

С 2009 г. пик биомассы инфузорий в летне-осенний период в собственно море отсутствует. Одновременно с этим заметно возросла биомасса мезозoopланктона – основного потребителя цилиат (табл. 3), это скорее всего вызвано ослаблением пресса гребневика *мнемиопсиса* на зоопланктеров, что в свою очередь вызвано более активным распространением по акватории Азовского моря и развитием гребневика *Beroe ovata*, питающегося исключительно *мнемиопсисом*. Связь между биомассой мезозoopланктона и инфузорий особенно значительно проявляется в районах, которые в наибольшей степени подвержены влиянию желтелых вселенцев – это акватория Таганрогского залива, прилегающая к собственно морю, и большая часть собственно моря.

Таким образом, наблюдаемые изменения количественных характеристик желтелого и мезозoopланктона Азовского моря в летне-осенний период сказались и на самом низшем гетеротрофном звене – планктонных инфузориях, которые в 2009–2012 гг. характеризовались значительным снижением биомассы вследствие резкого повышения пресса выедания со стороны развившегося зоопланктона.

**Таблица 2.** Сезонная динамика численности и биомассы планктонных инфузорий Азовского моря  
**Table 2.** Annual seasonal dynamics of infusoria abundance and biomass in the Sea of Azov

Период, гг.	Сезон					
	Весна		Лето		Осень	
	млн экз/м <sup>3</sup>	мг/м <sup>3</sup>	млн экз/м <sup>3</sup>	мг/м <sup>3</sup>	млн экз/м <sup>3</sup>	мг/м <sup>3</sup>
Таганрогский залив						
2005–2008	10,1	509	6,6	221	4,0	140
2009–2012	10,9	263	5,1	89	3,5	74
Собственно море						
2005–2008	3,5	279	6,8	409	6,9	471
2009–2012	4,1	133	4,2	123	2,7	112

**Таблица 3.** Соотношение биомассы зоопланктона и планктонных инфузорий в Азовском море в 2011 г., мг/м<sup>3</sup>

**Table 3.** The ratio of zooplankton biomass to the biomass of planktonic infusoria in the Sea of Azov in 2011, mg/m<sup>3</sup>

Сезон	Таганрогский залив		Собственно море	
	Инфузории	Зоопланктон	Инфузории	Зоопланктон
Весна	294	16	65	10
Лето	64	550	278	49
Осень	75	563	167	68



Роль инфузорий в формировании биомассы зоопланктонного сообщества. Благодаря высоким скоростям роста и размножения биомасса инфузорий достигает значительных величин и может быть сопоставимой или даже превышать биомассу мезозоопланктона (Зайка, 1983). В Азовском море, по нашим данным, доля инфузорий в общей биомассе зоопланктона довольно значительна (табл. 4). Однако в последние годы наблюдается ее снижение в Таганрогском заливе с 58 до 40%, в собственно море – с 93 до 75% в основном за счет резкого уменьшения в летне-осенний период, что связано с усилением пресса выедания крупных инфузорий мезозоопланктоном в этот период.

**Таблица 4.** Доля биомассы планктонных инфузорий в биомассе зоопланктона Азовского моря в разные годы, %

**Table 4.** The biomass portion of planctonic infusoria in the biomass of zooplankton in the Sea of Azov in different years, %

Район исследования	Весна		Лето		Осень		Среднее	
	2005– 2008	2009– 2012	2005– 2008	2009– 2012	2005– 2008	2009– 2012	2005– 2008	2009– 2012
Таганрогский залив	82	82	45	12	47	27	58	40
Собственно море	91	82	95	74	94	69	93	75

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение планктонных инфузорий как важного компонента водных экосистем позволило наиболее полно охарактеризовать гетеротрофный планктон Азовского моря. В результате проведенных исследований получена характеристика таксономической, трофической и размерной структур планктонных инфузорий в Азовском море, оценено их количественное развитие в сезонно-пространственном аспекте, а также роль в формировании биомассы зоопланктонного сообщества. В последние годы отмечено снижение ряда количественных показателей инфузорного планктона: биомассы, средних размеров, индивидуальной массы организмов, доли биомассы в формировании биомассы всего зоопланктонного сообщества. Такие изменения, по-видимому, обусловлены более интенсивным развитием мезозоопланктона в летне-осенний период, что связано с ослаблением пресса желтого хищника гребневика *Mnemiopsis leidyi*, уровень которого в большей степени, чем раньше, контролируется другим облигатным гребневику – *Beroe ovata*. Несмотря на такое снижение показателей планктонных инфузорий, эти организмы в последние годы по-прежнему играют значительную роль в формировании общего биоразнообразия и продуктивности пелагических сообществ Азовского моря.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Арсламова Т. П. Роль инфузорий в зоопланктоне озер: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Минск: МГУ, 1983. 21 с.

Бурковский И.В. Экология свободноживущих инфузорий. М.: Изд-во МГУ, 1984. 208 с.

Заика В.Е. Результаты изучения планктонных инфузорий Средиземного моря // Экспедиционные исследования в Средиземном море в мае-июне 1968 г. Киев: Наук. думка, 1970. С. 38–45.

Заика В.Е. Микрозоопланктон Казантипского залива Азовского моря в июне 1972 г. // Океанология. Т. 13. Вып. 6. 1973. С. 1089–1092.

Заика В.Е. Сравнительная продуктивность гидробионтов. Киев: Наук. думка, 1983. 208 с.

Заика В.Е., Морякова В.К., Островская Н.А., Цалкина А.В. Распределение морского микрозоопланктона. Киев: Наук. думка, 1976. 91 с.

Кренева К.В. Экология массовых видов планктонных инфузорий Азовского моря: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Мурманск: ММБИ, 2006. 25 с.

Курилов А.В. Инфузории планктона прибрежной зоны и лиманов северо-западной части Черного моря: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Севастополь: ИнБюм, 2005. 26 с.

Миронова Е.И., Телеш И.В., Скарлато С.О. Планктонные инфузории Балтийского моря (обзор) // Биология внутрен. вод. 2009. № 1. С. 15–26.

Павловская Т.В., Печень Г.А. Инфузории как пища для некоторых массовых видов планктонных животных // Зоол. журн. 1971. Т.50. №5. С.633–641.

Романенко В.И., Кузнецов С.И. Экология микроорганизмов пресных водоемов. Лабораторное руководство. Л.: Наука, 1974. 194 с.

Шляхова Н.А. Количественные показатели развития инфузорий Азовского моря // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна. Ростов-на-Дону: Полиграф, 1998. С.112–115.

Шляхова Н.А. Модификация люминесцентного метода исследования инфузорий // Тез. докл. XI Всерос. конф. по промысл. океанологии. М.: Изд-во ВНИРО, 1999. С.159.

Шляхова Н.А. Планктонные инфузории как компонент экосистемы Азовского моря: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Краснодар: КубГАУ, 2000. 23 с.

Шляхова Н.А., Поликарпов И.Г. Планктонные инфузории Азовского моря: пространственное распределение и сезонная динамика // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна. Ростов-на-Дону: АЗНИИРХ, 1997. С. 155–158.

Caron D.A. Technique for enumeration of heterotrophic and phototrophic monoplankton, using epifluorescence microscopy, and comparison with other procedures appl // Environ. Microbiol. 1983. V. 46. P. 491–498.

Ryther J.H. Occurrence of red water of Peru // Nature. 1967. V. 214. № 5095. P. 1318–1319.

Samuelsson K., Berglund J., Andersson A. Factors structure in the heterotrophic flagellate and ciliate community along brackish water primary production // J. Plankton. Res. 2006. V. 28 P. 345–359.

Taylor F.I., Blackburn D.J., Blackburn J. The red water ciliate *Mesodinium rubrum* and its incomplete symbiont // J.Fish. Res. Bd. Canada. 1971. № 28. P. 391–407.



**CHARACTERISTICS OF PLANKTONIC COMMUNITY OF CILIATES  
FROM THE AZOV SEA**

© 2013 y. N.A. Shlyakhova

*Russian Federal Azov Fisheries Research Institute, Rostov-on-Don, 344002*

Taxonomic composition: shell-less brackishwater oligotrichidaes are predominant. The size of ciliates of the Azov Sea ranges from 10 to 200 micron. Small organisms dominate in the Taganrog Bay, in the sea proper the larger ciliates occur more often; the portion of large organisms increases towards autumn, though the portion of small-sized infusoria has grown last years. The annual values of the plankton abundance and biomass amount to 6.7 mln ind./m<sup>3</sup> and 216 mg/m<sup>3</sup> in the Taganrog Bay and to 4.7 mln ind./m<sup>3</sup> and 237 mg/m<sup>3</sup> in the sea proper.

*Keywords:* taxonomic composition, size of ciliates, abundance, biomass.