

УДК 582.276:574.587(262.5)(477.74)

**Бентосные свободноживущие флагелляты (Protista) песчаного побережья  
Одесского залива (Черное море)**А.А.Снигирева<sup>1</sup>, Л.М.Теренько<sup>2</sup>, Г.В.Теренько<sup>3</sup><sup>1</sup>Одесский национальный университет имени И.И.Мечникова (Одесса, Украина)<sup>2</sup>Одесский филиал Института биологии южных морей (Одесса, Украина)<sup>3</sup>Украинский научный центр экологии моря (Одесса, Украина)

snigireva.a@gmail.com

В работе приведены первые предварительные сведения о бентосных свободноживущих флагеллятах Черного моря. В прибрежных песках Одесского залива обнаружено 12 видов этой группы, из которых представлено 3 вида Dinophyceae, 1 вид Cryptophyceae, 1 вид Cercozoa, 4 вида Euglenoideae. 3 вида не идентифицировано. Численность флагеллят варьирует от 14 до 1656 тыс. кл./см<sup>2</sup>. Наилучшие условия для их развития наблюдаются во временных водоемах, в осенне-зимний период. Требуется дальнейшее уточнение таксономической принадлежности с применением электронной микроскопии.

**Ключевые слова:** бентос, Protista, флагелляты, псаммон, Черное море.

**Бентосні вільноживучі флагелляти (Protista) піщаного узбережжя Одеської  
затоки (Чорне море)**А.О.Снігірєва, Л.М.Теренько, Г.В.Теренько

У роботі наведені перші попередні відомості про бентосних вільноживучих флагеллят Чорного моря. У прибережних пісках Одеської затоки знайдено 12 видів цієї групи, з яких представлено 3 види Dinophyceae, 1 вид Cryptophyceae, 1 вид Cercozoa, 4 види Euglenoideae. 3 види не ідентифіковано. Чисельність флагеллят варіює від 14 до 1656 тис. кл./см<sup>2</sup>. Найкращі умови для їх розвитку спостерігаються у тимчасових водоймах, в осінньо-зимовий період. Потрібно проводити подальше уточнення таксономічної приналежності зі застосуванням електронної мікроскопії.

**Ключові слова:** бентос, Protista, флагелляти, псамон, Чорне море.

**Free-living flagellates (Protista) of the Odessa coast (the Black Sea)**А.А.Snigirova, L.M.Terenko, G.V.Terenko

The paper presents the first preliminary data on benthic free-living flagellates from the Black Sea. In the coastal sands of the Gulf of Odessa 12 species of this group were revealed: 3 species of Dinophyceae, 1 species of Cryptophyceae, 1 species of Cercozoa, 4 species of Euglenoideae. 3 species were not identified. The number of flagellates varies from 14 to 1,656·10<sup>3</sup> cells·cm<sup>-2</sup>. The best conditions for their development are observed in temporary reserves during autumn-winter period. Further clarification of taxonomy is required using electron microscopy.

**Key words:** benthos, Protista, flagellates, sand-dwelling, the Black Sea.

*Данная работа – одна из последних при жизни Людмилы Михайловны Теренько, посвящается ее светлой памяти*

**Введение**

Морские отложения являются местообитанием для разнообразных прокариотических организмов, инфузорий, диатомовых водорослей, а также различных жгутиконосцев. Свободноживущие жгутиковые массово развиваются на мелководье и в зоне заплеска, в местах с высокой освещенностью и запасом органического вещества. Отдельные виды становятся настолько обильными, что вызывают окрашивание песка.

Термин «морские флагелляты» охватывает разнообразную группу фототрофных и гетеротрофных одноклеточных жгутиковых форм из различных классов простейших (Al-Yamani, Saburova, 2010).

Вместе с диатомовыми и цианопрокариотами, бентосные жгутиковые играют роль первичных продуцентов и консументов в сообществах микроорганизмов морского побережья. Совместно с бактериями жгутиковые обеспечивают следующий трофический уровень, являясь пищевым ресурсом для многих животных. Наиболее разнообразными и многочисленными группами бентосных жгутиковых являются динофитовые водоросли и эвглениды.

Известно, что среди динофитовых водорослей есть виды, вырабатывающие токсины. Отдельные из них могут вызывать смертность других морских организмов, включая используемых в пищу человеком.

Группа бентосных динофитовых водорослей до сих пор остается малоизученной. Первые работы по бентосным динофитовым (Herdmann, 1911, 1921, 1922, 1923, 1924: цит. по Коновалова, Селина, 2010) показали высокое разнообразие этой группы в морских песках, в особенности роды *Prorocentrum* и *Amphidinium*.

На данный момент известен 31 род (158 видов) динофитовых морских осадков, из которых 20 родов являются исключительно бентосными (Коновалова, Селина, 2010; Murray, Patterson, 2002; Yamada et al., 2013; Selina, Hoppenrath, 2004). Исследования других групп бентосных жгутиковых также немногочисленны – для осадков приливно-отливной зоны Кювеита приводится 80 бентосных флагеллят, из которых 56 видов динофитовых (19 родов), 16 – эвгленид (10 родов), 4 – церкзоа (1 род) (Al-Yamani, Saburova, 2010; Saburova et al., 2009).

Исследование флагеллят сопряжено с определенными трудностями, в частности наблюдается разрушение или деформация их клеток под действием фиксатора. Поэтому изучение свободноживущих рекомендуется проводить на основе живого свежесобранного материала под световым микроскопом (Al-Yamani, Saburova, 2010), а также с применением криоконсервации (Mohammad-Noor et al., 2007).

Цель данной работы – дать предварительную характеристику сообществу бентосных флагеллят, обитающих в песке (псаммон), на побережье Одесского залива (Черное море).

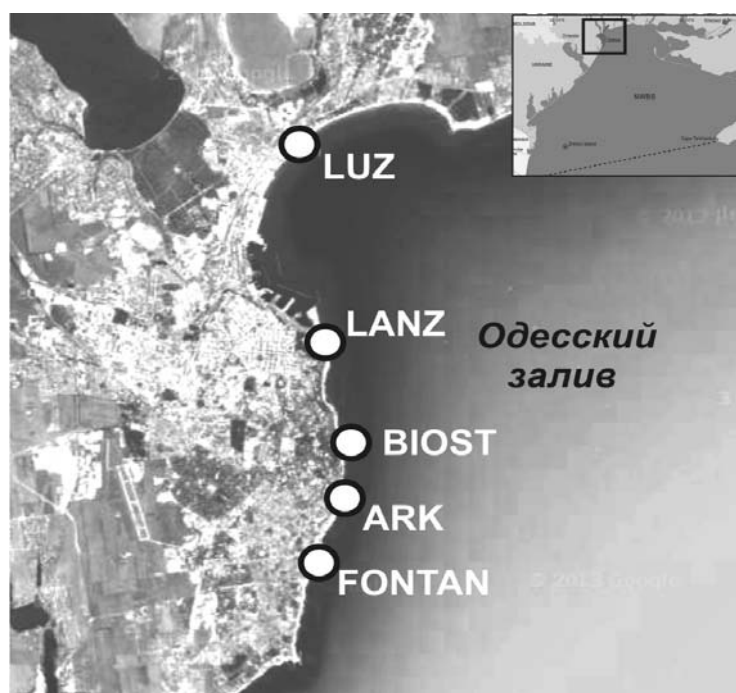


Рис. 1. Карта-схема отбора проб

**Объекты и методы исследования**

Материалом для работы послужили сборы 49 количественных проб псаммона, отобранных в 2006 г. (ноябрь-декабрь) и 2007 г. (июль-октябрь) на пяти станциях в Одесском заливе (Черное море) непосредственно на морском побережье, во временных водоемах и возле дренажных стоков (рис. 1). На отдельных станциях в разные сезоны 2007–2014 гг. проводился также качественный анализ проб.

Отбор проб производили трубкой в 2-см поверхностном слое песка на глубине до 0,5 м (гидропсаммоне), в зоне заплеска в 1 м от уреза воды (гигропсаммоне) и зоне сухого на поверхности песка в 3–5 м от уреза воды (эупсаммоне). Пробы отфильтровывали от песка и фиксировали 4-%-ым формалином. Пробы с массовым развитием жгутиковых, приводящих в окрашиванию песка, наблюдали в живом состоянии. Более подробно о сборе и обработке проб псаммона описано в предыдущих публикациях (Александров, Тарасенко, 2006; Тарасенко, Теренько, 2008). Работа выполнена на базе Гидробиологической станции ОНУ имени И.И.Мечникова.

Таксономическая принадлежность флагеллят приведена с использованием следующих монографических сводок и определителей: Al-Yamani, Saburova, 2010; Tomas, 1997; Lee, Patterson, 2000. Классификационная схема жгутиковых приведена по Al-Yamani, Saburova, 2010.

**Результаты и обсуждение**

Бентосные свободноживущие жгутиковые песчаного побережья Одесского залива представлены мелкими (10 мкм) или средних размеров (50–60 мкм) подвижными простейшими с наличием жгута (1–4). Среди них встречаются организмы, как с хлоропластами, так и без них (бесцветные).

В результате исследований в псаммоне было обнаружено 10 видов свободноживущих флагеллят (табл. 2), из которых 2 вида – представители Dinophyceae (*Amphidinium*, *Katodinium*), 1 – Cryptophyceae (*Rhodomonas*), 1 – Cercozoa (*Protaspis*), 4 – Euglenoideae (*Anisonema*, *Dinema*, *Heteronema*, *Ploeotia*). Три вида не удалось идентифицировать. Все перечисленные виды являются типично бентосными, однако часто встречаются и в прибрежном планктоне.

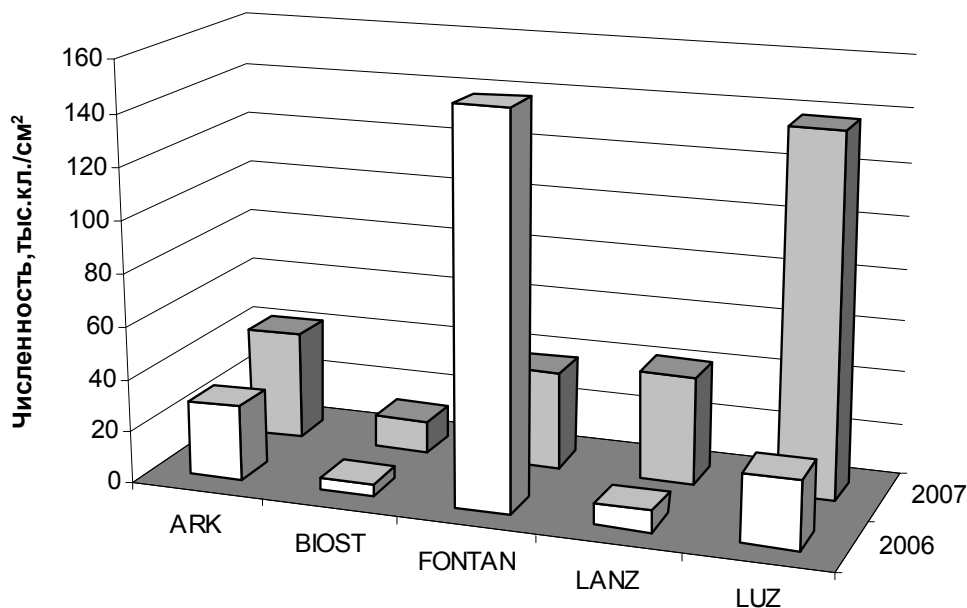
Таблица 2.

**Динофитовые водоросли побережья Одесского залива**

№ п/п	Название вида	Станции				
		ARK	BIOST	FONTAN	LANZ	LUZ
Dinophyceae						
1.	<i>Katodinium</i> sp.		+	+	+	+
2.	<i>Amphidinium</i> sp.		+	+		
Cryptophyceae						
3.	<i>Rhodomonas</i> sp.			+		
Cercozoa						
4.	<i>Protaspis</i> sp.	+	+	+	+	+
Euglenoideae						
5.	<i>Dinema</i> sp.		+			
6.	<i>Heteromena</i> sp.		+	+		
7.	<i>Anisonema</i> sp.			+		
8.	<i>Ploeotia</i> sp.			+		
Неидентифицированные флагелляты						
9.	sp. 1	+	+	+	+	
10.	sp. 2	+	+	+	+	+
11.	sp. 3			+		

Представитель рода *Protaspis* встречался в зоне заплеска на всех станциях. Вид *Amphidinium* sp. и за некоторым исключением sp. 2 встречались в холодный период на ст. FONTAN, LANZ, LUZ; последний достигал высокой численности (535 тыс. кл./см<sup>2</sup>) в дренажном стоке на станции ARK.

Наиболее высокая численность флагеллят наблюдалась во временных водоемах (ст. FONTAN) (рис. 2). Последние формируются среди прибрежных камней и гидротехнических сооружений, существуют в течение всего года, наполовину пересыхая в летний период. Глубина варьирует от 0,3 до 1,5 м. Временные водоемы характеризуются низкой гидродинамической активностью, что способствует высокой концентрации простейших. Численность флагеллят здесь изменялась в диапазоне 14–1656 тыс. кл./см<sup>2</sup>. На остальных станциях на морском побережье численность варьировала от 1 до 138 тыс. кл./см<sup>2</sup>; в дренажных стоках – от 19 до 708 тыс. кл./см<sup>2</sup>.



**Рис. 2. Распределение бентосных флагеллят песчаного побережья Одесского залива**

В 2007 году на исследованных станциях наблюдалось некоторое повышение численности динофитовых водорослей. Этот же год характеризовался более высокими концентрациями биогенных элементов, чем 2006. Увеличение питательных веществ, как известно, оказывает значительное влияние на бентосные пищевые цепи посредством стимуляции формирования первичной продукции (Schlacher, Hartwig, 2013). В определенных условиях динофитовые способны к переходу на миксотрофный способ питания, поэтому могут рассматриваться в качестве индикаторов повышенного содержания органических веществ (Agatz et al., 1999), что подтверждалось нашими предыдущими исследованиями (Snigirova, 2013).

Свободноживущие флагелляты играют важную роль в псаммофильных сообществах побережья Одесского залива (рис. 3). Их вклад по сравнению с диатомовыми, зелеными водорослями, цианопрокариотами составляет от 1 до 75% в холодный период года и от 1 до 50% в теплый период.

Следует также отметить, что оптимальным местообитанием бентосных флагеллят является зона увлажненного песка (гигропсаммон), где их вклад в псаммофильное сообщество достигает максимальных значений. В гидропсаммоне (в зоне заплеска) Dinophyceae представлены достаточно весомо от 1 до 39%. В зоне сухого на поверхности песка (эупсаммоне) клетки динофитовых встречались только на отдельных станциях (ARK, FONTAN).

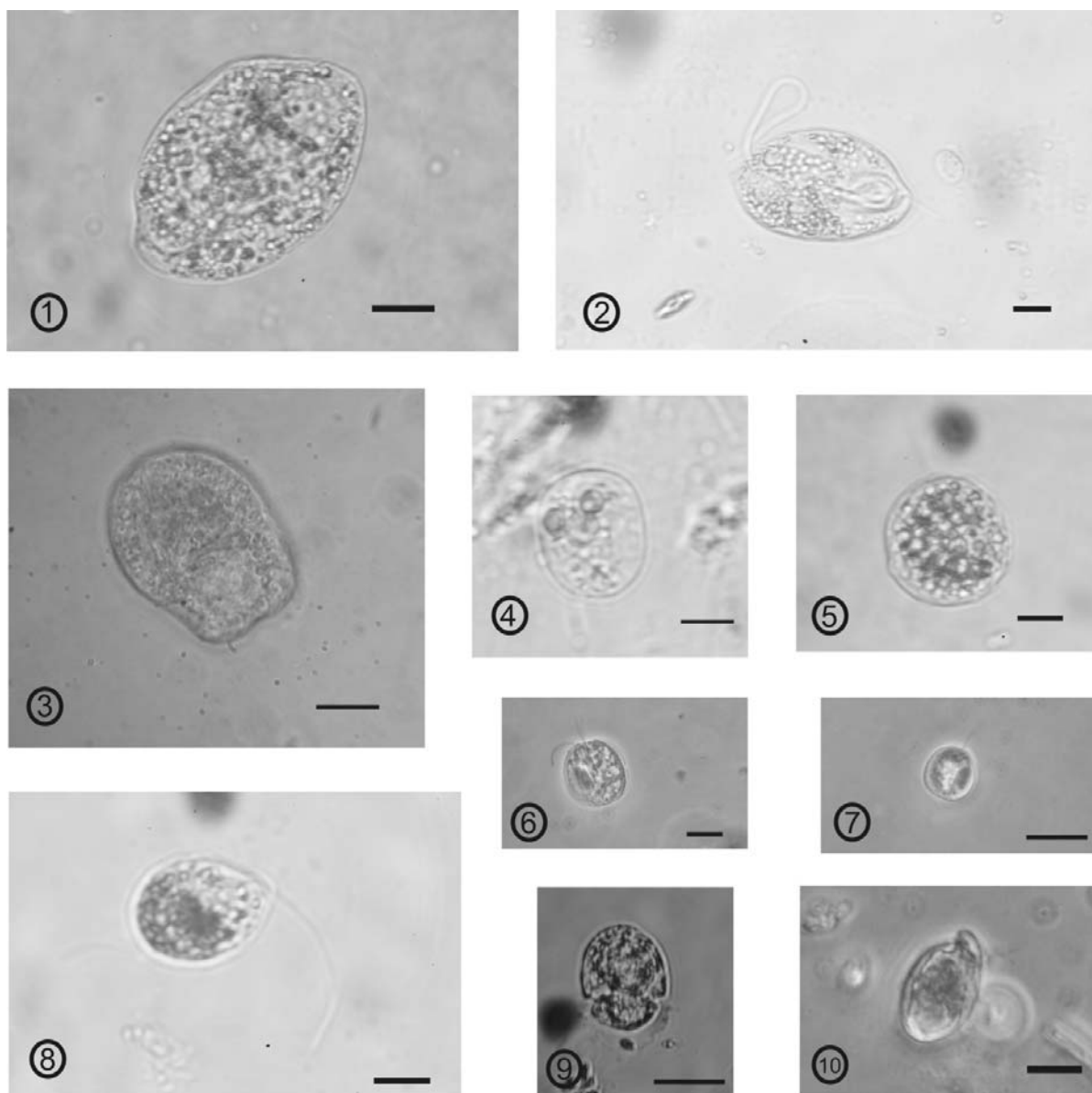


Рис. 3. Бентосные свободноживущие флагелляты песчаного побережья Одесского залива. 1 – *Dinema* sp.; 2 – *Heteronema* sp.; 3 – sp. 1; 4 – *Protaspis* sp.; 5 – sp. 2; 6 – *Ploeotia* sp., 7 – sp. 3; 8 – *Anisonema* sp.; 9 – *Katodinium* sp.; 10 – *Amphidinium* sp. (1, 2, 4, 5, 8, 9 – СМ; 3, 6, 7, 10 – фазово-контрастный СМ; масштабная линейка – 10 мкм)

#### Выводы

Данная работа является первым обзором бентосных свободноживущих флагеллят на побережье Черного моря, в результате которой обнаружено 11 видов – обитателей морских песков. Наиболее разнообразной группой флагеллят являются представители класса Euglenoideae, в меньшей степени Dinophyceae. На отдельных изученных станциях они – вторые по значимости (после диатомовых) в псаммофильном сообществе. Наибольшей численности достигают во временных водоемах в осенне-зимний период. Безусловно, требуется дальнейшая работа по уточнению таксономической принадлежности флагеллят с использованием комбинированных методов с применением световой, флуоресцентной и электронной микроскопии. Это позволит расширить наши знания о бентосных свободноживущих Protista Черного моря.



### Благодарности

Авторы выражают глубочайшую признательность д.б.н., директору Одесского филиала Института биологии южных морей имени А.О.Ковалевского Борису Георгиевичу Александрову, а также к.б.н., с.н.с. лаборатории экологии шельфовых сообществ Института биологии моря им. А.В.Жирмунского РАН Марине Сергеевне Селиной за ценные замечания к статье.

### Список литературы

- Александров Б. Г., Тарасенко А. А. К проблеме изучения микроводорослей песчаной супралиторали // Матеріали XII з'їзду українського ботанічного товариства. – Одеса, 2006. – С.186.
- Коновалова Г.В., Селина М.С. Динофитовые водоросли (Dinophyta) / Под ред. ак. А.В.Адрианова / Биота российских вод Японского моря. – Владивосток: Дальнаука, 2010. – 352с.
- Тарасенко А.А., Теренько Л.М. Особенности экологии и распределения диатомовой водоросли *Attheya decora* West, 1860 в Одесском заливе (Черное море) // Вісник Одеського національного університету ім. І.І.Мечникова. – 2008. – Т.13, №14. – С. 111–117.
- Agatz M., Asmus R.M., Deventer B. Structural changes in the benthic diatom community along an eutrophication gradient on a tidal flat // Helgoland Marine Research. – 1999. – Vol.53. – P. 92–101.
- Al-Yamani F.Y., Saburova M.A. Illustrated Guide on the Flagellates of Kuwait's intertidal soft sediments. – Safat, 2010. – 197p.
- Lee W.J., Patterson D.J. Heterotrophic flagellates (Protista) from marine sediments of Botany Bay, Australia // Journal of Natural History. – 2000. – Vol.34. – P. 483–562.
- Mohammad-Noor N., Daugbjerg N., Moestrup O., Anton A. Marine epibenthic dinoflagellates from Malaysia – a study of live cultures and preserved samples based on light and scanning electron microscopy // Nord. J.Bot. – 2007. – Vol.24 (6). – P. 629–690.
- Murray S., Patterson D.J. The benthic dinoflagellate genus *Amphidinium* in south-eastern Australian waters, including three new species // European Journal of Phycology. – 2002. – Vol.37. – P. 279–298.
- Saburova M., Al-Yamani F., Polikarpov I. Biodiversity of free-living flagellates in Kuwait's intertidal sediments // BioRisk. – 2009. – №3. – P. 97–110.
- Schlacher T., Hartwig J. Bottom-up control in the benthos of ocean-exposed sandy beaches? // Austral Ecology. – 2013. – Vol.38. – P. 177–189.
- Selina M., Hoppenrath M. Morphology of *Sinophysis minimum* sp. nov., and three *Sinophysis* species (Dinophyceae, Dinophysiales) from the Sea of Japan // Phycol. Res. – 2004. – Vol.52. – P. 149–159.
- Snigirova A. Benthic microalgae under the influence of beach nourishment in the Gulf of Odessa (the Black Sea) // Botanica Lithuanica. – 2013. – Vol.19 (2). – P. 120–128.
- Tomas Carmelo R. Identifying marine plankton. – Academic Press, 1997. – 858p.
- Yamada N., Terada R., Tanaka A., Horiguchi T. *Bispinodinium angelaceum* gen. et sp. nov. (Dinophyceae), a new sand-dwelling dinoflagellate from the seafloor off Mageshima Island, Japan // Journal of Phycology. – 2013. – Vol.49. – P. 555–569.

Представлено: М.С.Селина / Presented by: M.S.Selina

Рецензент: А.Ю.Утевський / Reviewer: A.Yu.Utevsky

Подано до редакції / Received: 01.04.2014