

Л.М.Теренько, Д.А.Нестерова

Одесский филиал Института биологии южных морей НАН Украины, г.Одесса

МИКРОВОДОРОСЛИ В ДОННЫХ ОСАДКАХ ЧЕРНОГО И АДРИАТИЧЕСКОГО МОРЕЙ

Обобщены результаты исследований микроводорослей из глубоководных осадков Черного и Адриатического морей. В составе водорослей, проросших из цист и спор донных осадков сероводородной зоны Черного моря, обнаружено 17 видов микроводорослей, относящихся к 6 систематическим отделам Bacillariophyceae, Dinophyceae, Prymnesiophyceae, Chlorophyceae, Cyanophyceae и Chrysophyceae. Впервые получены живые культуры из глубоководных осадков южной Адриатики и приводится список для 30 видов водорослей. Отмечено закономерное снижение числа видов и интенсивности их развития от глубины слоя осадка.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: микроводоросли, глубоководные осадки, цисты, споры, вегетативные клетки, покоящиеся стадии, Чёрное море, Адриатическое море.

В морских экосистемах обычно выделяют прибрежные, шельфовые и глубоководные грунты. К зоне прибрежных относят донные отложения, располагающиеся в мелководье на глубинах до 30 м, за ними до изобаты 200 м следуют шельфовые. В остальной части моря находятся глубоководные осадки, накопление их происходит очень медленно и сюда не попадают материалы выноса рек, и выветривания горных пород окружающей суши [1].

Один из разделов исследований, проводившихся коллективом сотрудников ОФ ИнБЮМ в августе – декабре 2001 г. по программе ГлоБалласт, посвящался изучению покоящихся спор и цист водорослей в прибрежных донных осадках Одесского морского порта [2]. Всего из донных осадков в лабораторных условиях выращены и идентифицированы 63 вида водорослей из пяти отделов Bacillariophyta (32), Dinophyta (11), Chlorophyta (10), Cyanophyta (6) и Chrysophyta (3). Впервые для Черного моря были получены данные о видовом составе и пространственном распределении спор и цист планктонных водорослей из донных осадков Одесского порта [3]. Идентифицированы цисты свыше 30 видов динофлагеллят, среди которых отмечены потенциально токсичные виды, а также виды-вселенцы. В грунтах отмечено значительное количество цист доминирующих видов динофитовых водорослей, в том числе *Heterocapsa triquetra* (Ehr.) Stein и *Scrippsiella trochoidea* (Stein) Balech. На основании полученных данных сделан вывод о том, что верхний слой донных осадков Черного моря служит депо покоящихся стадий планктонных водорослей, осаждающихся на грунт в процессе седиментации и получающих развитие при определенных гидрологических условиях водной среды [3, 4].

Для Черного моря имеются немногочисленные литературные сведения, касающиеся видового состава диатомовых водорослей, выращенных из поверхностного слоя грунта, собранного на шельфе в районе Карадага [5]. Описано также пространственное распределение диатомовых водорослей в

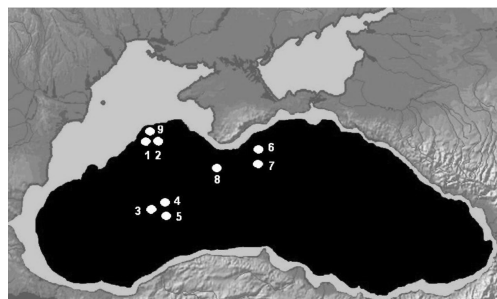
донных илах у юго-восточных берегов Крыма [6].

В последнее время глубоководные отложения, или осадки дна Черного моря изучались во время экспедиционных работ проведенных в июле 2005 г. на НИС «Профессор Водяницкий» и в феврале 2007 г. на НИС «Meteor» (Германия). В глубоководных осадках из сероводородной зоны Черного моря обнаружены многочисленные жизнеспособные бактерии, грибы, споры и цисты микроводорослей, которые в условиях лабораторного эксперимента прорастали на питательной среде [7, 8]. Изучение покоящихся стадий микроводорослей в осадках Средиземного моря проводились многими авторами [9 – 11], однако, сведения о видовом составе спор, цист и вегетативных клеток планктонных водорослей, выращенных из глубоководных осадков Адриатического моря, в литературе отсутствуют.

В данной статье обобщены результаты исследований микроводорослей, выращенных из глубоководных осадков сероводородной зоны Черного моря, а также впервые приведены результаты, полученные по их изучению в Адриатическом море.

Материал и методы. В период с 20 по 27 июля 2005 г. с борта НИС «Профессор Водяницкий» геологической трубкой (внутренний диаметр 127 мм) на восьми станциях, расположенных в Черном море на глубинах от 809 до 2104 м были отобраны пробы грунта из верхнего 0 – 5 см слоя. Повторно пробы черноморского грунта были взяты 18 февраля 2007 г. с борта НИС «Meteor» (Германия) колоночным пробоотборником подводного телебота *QUEST-4000* на глубине 730 м в точке с координатами $44^{\circ}42,060'$ с.ш. и $32^{\circ}08,831'$ в.д. Данная станция расположена в палеодельте Днепра и находится в 80 км от м.Тарханкут, 100 км от м.Херсонес и 190 км от дельты Дуная (рис.1). Из отобранной колонки донных осадков были получены образцы ила из слоев 0 – 1,5 см («верхний» слой) и 1,5 – 5,0 см («нижний» слой). Радиоизотопная датировка донных отложений показала, что возраст верхнего слоя рассматриваемых донных отложений лежит в пределах от 7,5 до 15 лет, а всего 5 см слоя – от 25 до 50 лет [8].

В Адриатическом море колонка верхнего 0 – 30 см слоя грунта была отобрана осенью 2007 г. на станции, расположенной в южной части моря, где глубина превышала 2000 м, а соленость составила 34 ‰. Проба была разделена на 30 образцов, из которых каждый образец грунта составил отдельный слой толщиной 1 см (0 – 1;



Р и с . 1 . Схема станций отбора проб глубоководных грунтов в Черном море в 2005 и 2007 гг. (карта-схема приводится по [12]).

1 – 2;... 29 – 30 см). Все пробы грунта в Черном и Адриатическом морях отбирали сотрудники отдела радиационной и химической биологии ИнБЮМ НАН Украины (г.Севастополь) в стерильных условиях пробоотборником, детальное описание которого приведено в коллективной работе [8].

Собранные пробы хранили в холодильной камере при $T \leq 5^{\circ}\text{C}$. Вся необходимая для эксперимен-

тов посуда, препаровальные иглы и морская вода предварительно стерилизовались. Перед началом эксперимента для подсчета цист и спор водорослей в грунте, навеску сырого грунта (2 – 5 мг) с помощью препаровальной иглы переносили в чашку Петри и разбавляли морской водой до получения однородной суспензии. Из полученного раствора отбирали каплю объёмом 0,05 мл, наносили на предметное стекло и просматривали при 200 – 400-кратном увеличении микроскопа. Для видовой идентификации цист динофитовых использовали определитель *Matsuoka, Fukuyo, 2000* [13], спор диатомовых водорослей – определитель Прошкиной – Лавренко [14], колониальные и нитчатые формы синезеленых водорослей определяли по *Cronberg, Annadotter, 2006* [15]. При этом учитывались следующие параметры: их размеры, структура оболочки, текстура поверхности, наличие выростов, шипов, цвет оболочки, наличие внутри красных телец.

Для постановки экспериментов по проращиванию спор и цист микроводорослей образцы грунта (1 – 2 г) помещали в отдельную стерильную чашку Петри, добавляли 25 – 30 мл питательной средой *GPM* [16] и интенсивно взбалтывали. Питательную среду готовили на основе фильтрованной черноморской воды, затем в стерилизованную воду добавляли биогенные элементы и витамины [2]. Предварительная подготовка питательной среды и посевы образцов грунта на чашки Петри осуществлялись к.б.н., с.н.с. А.В.Куриловым. Неиспользованную часть раствора хранили в холодильнике при $T < 5$ °С для возможных повторных экспериментов. Каждая проба герметизировалась плёнкой *Parafilm*[®]. После 5 – 7-ми дневного инкубирования в лабораторных условиях надосадочную жидкость в чашках просматривали в камере Богорова под бинокулярным микроскопом, а затем под световым микроскопом. Чашки далее просматривали ежедневно с целью регистрации подвижных клеток.

Экспериментальные исследования глубоководных осадков из Черного и Адриатического моря начаты в конце 2005 г. и продолжались 4 года (табл.1). Первый посев грунта 1 (ст.2) проводили 14 сентября 2005 г., затем производили четыре последовательных посева черноморских образцов, собранных в 2005 г. (ст.1, 3 – 8) – 22 февраля, 14 марта, 14 апреля и 29 мая 2006 г. Вторичный посев черноморского грунта 2 (ст.9) состоялся 23 марта 2007 г., первый просмотр – 30 марта 2007 г., последний – 6 июня 2007 г. Грунт из Ад-

Таблица 1. Время проведения экспериментальных работ с глубоководными грунтами Черного и Адриатического моря.

станции	время посева	время просмотра	
		начало	конец
грунты Черного моря			
грунты 1	2	14.09.2005 г.	21.09.2005 г. 31.05.2006 г.
	1, 3 – 8	22.02; 14.03; 14.04; 29.05.2006 г.	28.02.2006 г. 30.06.2006 г.
грунты 2	9	23.03.2007 г.	30.03.2007 г. 6.06.2007 г.
грунты Адриатического моря			
грунты 3	1	27.12.2007 г.	9.01.2008 г. 7.05.2008 г.

риатического моря высеян 27 декабря 2007 г., первый просмотр 9 января 2008 г., последний – 7 мая 2008 г. В связи с тем, что прорастание клеток микроводорослей в эксперименте происходило поэтапно, просмотр их под микроскопом проводился неоднократно по мере появления новых видов.

Всего за период исследований просмотрено 129 образцов и посевов грунта, в том числе из Черного моря – 58, из Адриатического моря – 71.

Результаты и обсуждение. *Глубоководные грунты из Черного моря.*
Грунты 1. Предварительное микроскопирование образцов грунта до инкубации выявило в них створки и споры диатомовых (*Chaetoceros* sp.), цисты динофитовых, известковые панцири кокколитофорид и их отдельные кокколиты, в некоторых из них просматривались остатки хлоропластов. Помимо покоящихся стадий микроводорослей, в грунте обнаружены также живые организмы: пыльца хвойных растений, отдельные клетки (*Thalassiosira baltica* (Grun.) Ostf., *Discostella glomerata* (Bachm.) Houk et Klee, *Coscinodiscus* sp.) и колонии диатомовых (*Paralia sulcata* (Ehr.) Cl.), содержащих пигмент и находящихся в неактивном состоянии. В илах отмечались едва заметные подвижные тонкие цепочки шириной 2 – 3 мкм, идентифицированные нами как покоящаяся стадия доминирующего в Черном море вида диатомовых *Skeletonema costatum* (Grev) Cl. Существование покоящихся спор у *S. costatum* обнаружено давно при культивировании этого вида [17]. Однако у *S. costatum* описана также вегетативная донная стадия жизненного цикла, у которой сильно редуцируются щетинки створок, связывающие клетки в цепочку [18], именно эта донная стадия вида отмечалась нами в глубоководных грунтах, а затем в эксперименте на чашках давала культуру *S. costatum*.

Обнаружены также пустые створки бентосных диатомовых родов *Coscinodiscus*, *Cocconeis*, *Diploneis*, *Nitzschia* и *Navicula*, динофлагеллят (*Prorocentrum cordatum* (Ostf.) Dodge), кокколитофорид (*Acanthoica acanthos* Schill.). Наибольшее количество створок диатомовых в грунте обнаружено на ст.8 ($7,4 \cdot 10^3$ экз·г⁻¹), наименьшее – на ст.5 и 6 ($2,0 \cdot 10^3$ экз·г⁻¹), в некоторых из них отмечены остатки хлоропластов.

В ходе проделанной работы были идентифицированы цисты 21 вида динофлагеллят. Видовой состав цист динофлагеллят, найденных в грунтах на разных станциях, и их количество, приведено в табл.2 (количественные показатели цист даются на единицу сырого грунта). Количество цист колебалось от $16,0 \cdot 10^3$ до $104,0 \cdot 10^3$, составляя в среднем $65,0 \cdot 10^3$ экз·г⁻¹. Наибольшее количество цист динофитовых в грунте обнаружено на ст.3 ($104,0 \cdot 10^3$ экз·г⁻¹) и ст.5 ($96,0 \cdot 10^3$ экз·г⁻¹), наименьшее – на ст.6 ($10,0 \cdot 10^3$ экз·г⁻¹) и ст.7 ($30,0 \cdot 10^3$ экз·г⁻¹).

При проведении лабораторного эксперимента через 7 – 12 дней со дня начала инкубации в пробах со ст.3, 6 и 8 отмечена проросшая диатомовая водоросль *S. costatum*, относящаяся к массовым видам фитопланктона Черного моря. Стимулировать прорастание цист динофитовых, обнаруженных в глубоководных грунтах, не удалось. В качестве контроля были высеяны литоральные грунты, собранные в Одесском заливе в ноябре 2005 г. в ходе экспедиции на НИС «Спрут». Результаты показали высокую степень прорастания покоящихся цист динофлагеллят через 24 часа после посева. Таким образом, отсутствие активации цист динофитовых в глубоководных грунтах,

Т а б л и ц а 2. Качественный и количественный состав цист динофлагеллят в глубоководных грунтах Черного моря.

таксон	размер цист, мкм	станция								
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Gymnodiniales										
<i>Cochlodinium</i> spp.	14,5 – 20,3	–	+	–	–	–	–	–	–	–
<i>Gymnodinium</i> spp.	17,4	+	–	–	+	+	+	+	+	
<i>Gyrodinium instriatum</i> Freud. et Lee	23,2	–	–	+	–	–	–	–	–	
<i>Gyrodinium</i> spp.	29,0	–	–	+	+	–	–	–	–	
<i>Polykrikos kofoidii/schwartzii</i>	120,0 – 84,0	–	–	+	–	–	–	–	–	
Gonyaulacales										
<i>Gonyaulax scrippsae</i> Kof.	29,0	+	–	–	–	+	–	–	–	
<i>G. spinifera</i> (Clap. et Lachm.) Diesing	34,8	+	–	–	–	+	–	–	+	
<i>G. verior</i> Sournia	23,2	+	–	–	–	+	–	+	–	
<i>Gonyaulax</i> spp.	11,6	+	–	+	+	+	–	–	+	
<i>Lingulodinium polyedrum</i> (Stein) Dodge	31,9	–	–	+	–	+	–	–	–	
<i>Protoceratium reticulatum</i> (Clap. et Lachm.) Bütsch.	29,0	–	+	–	+	–	–	–	+	
Peridinales										
<i>Diplosalis lenticula</i> Bergh	17,4 – 23,2	+	+	+	–	+	+	+	–	
<i>Ensiculifera</i> spp.	17,4	–	–	–	–	–	+	–	–	
<i>Protoperidinium subinermis</i> (Pauls.) Loeblich	26,1	–	–	+	–	–	–	–	–	
<i>Protoperidinium</i> spp.	20,3	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Scrippsiella</i> spp.	23,2 – 29,0	–	–	–	+	+	–	+	+	
<i>Zygabikodinium lenticulatum</i> Loeblich et Loeblich	20,3	–	–	+	–	–	–	–	–	
всего видов цист		7	4	9	6	9	4	5	6	
общее количество цист динофлагеллят ($\times 10^3$ экз·г ⁻¹)		36	78	104	88	96	16	30	68	

возможно связано с наличием сероводорода, как в глубоководных слоях Черного моря, так и в самом грунте.

Грунты 2. В составе водорослей, проросших из донных осадков Черного моря, собраных во время проведения второй съемки (18 февраля 2007 г.), обнаружено 17 видов водорослей, относящихся к шести отделам Bacillariophyceae, Dinophyceae, Prymnesiophyceae, Chlorophyceae, Cyanophyceae и Chrysophyceae (табл.3). Все эти виды водорослей указаны для фитопланктона Черного моря. Наибольшее разнообразие водорослей отмечено среди синезеленых (6) и диатомовых (4) водорослей. Максимальное число видов най-

Т а б л и ц а 3. Видовое разнообразие микроводорослей, выращенных из глубоководных осадков Черного моря.

таксон	слой грунта	
	верхний (0 – 1,5 см)	нижний (1,5 – 5 см)
BACILLARIOPHYCEAE		
<i>Chaetoceros tenuissimus</i> Meunier	+	+
<i>Chaetoceros</i> sp.	+	+
Споры <i>Chaetoceros</i> sp.	+	–
<i>Cyclotella</i> sp.	+	–
<i>Thalassiosira</i> sp.	+	–
Споры <i>Chaetoceros</i> sp.	+	–
DINOPHYCEAE		
<i>Peridinium</i> sp.	+	–
PRYMNESIOPHYCEAE		
<i>Emiliana huxleyi</i> (Lohm.) Hay et Mohler	+	+
CYANOPHYCEAE		
<i>Anabaena spiroides</i> Kleb. с гетероцистами	+	+
<i>Aphanocapsa salina</i> Woronich.	–	+
<i>Aphanothece</i> sp.	–	+
<i>Gleocapsa</i> sp., 1 мкм	+	+
<i>Oscillatoria</i> sp.	+	+
<i>Pseudanabaena limnetica</i> (Lemm.) Kom.	–	+
Мелкие синезеленые (пикопланктон)	+	+
CHLOROPHYCEAE		
<i>Monoraphidium arcuatum</i> (Korsch.) Hind.	+	–
<i>Pterosperma cristatum</i> Schill.	+	–
CHRYSOPHYCEAE		
<i>Dictyocha speculum</i> Ehr.	+	–
<i>Pseudopedinella pyriformis</i> Carter	+	–
всего видов в слое грунта	15	9

П р и м е ч а н и е: (+) – присутствие, (–) – отсутствие вида.

дено в верхнем слое осадков (15) и несколько меньшее (9) – в нижнем. Общими видами для исследуемых слоев были *Chaetoceros tenuissimus*, *Anabaena spiroides*, мелкогабаритные *Gleocapsa* sp. и *Emiliana huxleyi*. Динофитовые и зеленые водоросли отмечались только в поверхностном слое, в этом же слое возрастало разнообразие диатомовых. Синезеленые водоросли встречались в обоих слоях, а такие виды как *Aphanocapsa salina* и *Aphanothece* sp. присутствовали только в нижнем слое.

В условиях проводившегося эксперимента споры микроводорослей прорастали постепенно, а видовой состав микроводорослей был не постоянным и менялся во времени. В начале эксперимента (23 марта 2007 г.) в верхнем слое

грунта найдены пустые клетки *Dictyocha speculum* Ehr., *Pterosperma cristatum* Schill. и споры *Chaetoceros*. Через 14 дней после начала эксперимента в первых числах апреля появились живые клетки *E. huxleyi* и *C. tenuissimus*. В середине апреля численность живых клеток этих видов в чашках верхнего слоя грунта резко возросла и составила $2,1 \cdot 10^3$ и $140,8 \cdot 10^3$ кл·мл⁻¹ соответственно.

Живые клетки водорослей в нижележащем слое грунта появились позже, чем в верхнем. Так, только 14 апреля обнаружены многочисленные колонии синезеленых водорослей, а 3 мая содержимое в чашке Петри приобрело желто-бурый оттенок. При просмотре отмечены мелкоразмерные клетки *Chaetoceros*, *Oscillatoria* и синезеленые, отнесенные нами к роду *Gleocapsa*, а также многочисленные нити синезеленых. Обильно представленные в верхнем слое *E. huxleyi* и *C. tenuissimus* в нижнем слое стали развиваться позже, а именно в начале мая. В мае (23 мая) на поверхности придонного слоя осадков обнаружены красные пятна, образованные колониями синезеленых с диаметром клеток до 1 мкм. Найдены также *E. huxleyi*, *Oscillatoria* sp. и *Chaetoceros* sp. В пробах присутствовали колонии более крупных клеток синезеленых, идентифицированные как *Aphanocapsa salina* и *Aphanothece* sp., а также *Anabaena spiroides* и её гетероцисты, находившиеся в стадии деления.

Следует отметить, что в нижнем слое осадков среди проросших водорослей доминировали синезеленые, что, очевидно, связано с возможностью длительного сохранения жизнеспособности их покоящихся спор в условиях дефицита кислорода и наличия сероводорода [19]. Известно, что синезеленые, в связи с примитивностью их организации, обладают значительной пластичностью жизненных процессов. Для некоторых из них показано, что споры после 87-летнего хранения в неблагоприятных условиях сохраняют активность, и затем способны быстро прорасти [20].

Глубоководные грунты из Адриатического моря. Эксперименты по проращиванию микроводорослей из глубоководных осадков Адриатического моря в лабораторных условиях были начаты в начале января 2008 г. и продолжались 4 месяца до конца апреля.

В составе водорослей, проросших из донных осадков Адриатического моря, обнаружено 30 видов, относящихся к шести отделам Bacillariophyceae, Dinophyceae, Prymnesiophyceae, Chlorophyceae, Cyanophyceae и Chrysophyceae (табл.4). Следует отметить, что большинство найденных водорослей относятся к морскому комплексу видов, только отдельные – к солоноватоводно-морскому и указаны для планктона Адриатического моря [21]. Среди проросших водорослей наиболее разнообразно были представлены диатомовые, насчитывающие в своем составе 18 видов, далее по степени убывания следовали динофитовые (3), примнезиофициевые (3), синезеленые (3), золотистые (2) и зеленые (1). В составе диатомовых часто можно было обнаружить виды, свойственные микрофитобентосу (*Bacillaria paxillifera*, *Diploneis bombus*) и перифитону (*Isthmia enervis*), однако часто встречающиеся также в планктоне.

В табл.4 приведены только те слои грунта, где при проращивании на чашках обнаружены вегетативные клетки водорослей.

В разных слоях грунта последовательность прорастания клеток была неодинакова. На всех горизонтах, где были обнаружены вегетативные клетки

Т а б л и ц а 4. Список видов микроводорослей, выращенных в условиях лабораторного эксперимента из глубоководных осадков Адриатического моря.

таксоны	слои донных осадков, см									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
BACILLARIOPHYCEAE										
<i>Bacillaria paxillifera</i> (O.Müll.) Hendeby	+									
<i>Chaetoceros atlanticus</i> Cl. (колониальный)		+								
<i>Chaetoceros</i> sp. (одиночный)	+	+								
Споры <i>Chaetoceros</i> sp.	+	+								
<i>Coscinodiscus</i> sp.									+	
<i>Cyclotella kuetzingiana</i> var. <i>pelagica</i> Grun.		+								
<i>Cyclotella</i> sp. 8,7 мкм (одиночная)	+									
<i>Cyclotella</i> sp. (колониальная)	+			+						
<i>Diploneis bombus</i> Ehr. (в массе)	+		+							
<i>Isthmia enervis</i> Ehr. (в массе)	+									
<i>Leptocylindrus danicus</i> Cl.		+								
<i>Melosira</i> sp.	+									
<i>Pleurosigma elongatum</i> W. Sm.	+			+		+				
<i>Skeletonema costatum</i> (Grev) Cl.	+	+								
<i>Thalassiosira excentrica</i> (Ehr.) Cl.		+								
<i>T. subtilis</i> (Ostf.) Gran			+							
<i>Thalassiosira</i> sp.	+	+								
<i>Thalassiothrix</i> sp.	+									
Бентосные диатомовые	+		+	+	+					
DINOPHYCEAE										
<i>Gyrodinium adriaticum</i> Schill.								+		
<i>Protoperidinium</i> sp.	+									
<i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) Balech									+	
PRYMNESIOPHYCEAE										
<i>Acanthoica</i> sp.		+						+		
<i>Emiliania huxleyi</i> (Lohm.) Hay et Mohler	+	+	+					+	+	+
<i>Syracosphaera</i> sp.	+									
CYANOPHYCEAE										
<i>Cyanoprokariota</i> sp. (колонии 1-2 мкм)	+	+		+						
<i>Oscillatoria</i> sp.		+								
<i>Romeria</i> sp.		+								
CHLOROPHYCEAE										
<i>Monoraphidium arcuatum</i> (Korsch.) Hind.			+							
CHRYSOPHYCEAE										
<i>Dictyocha fibula</i> Ehr.	+									
<i>Pavlova pinguis</i> Green			+							
всего видов в слое грунта	18	13	5	3	1	1	3	2	1	

Примечание: указаны только те слои грунта, где при проращивании обнаружены вегетативные клетки водорослей на чашках. 2 – слой 0-1 см, 3 – 1-2 см, 4 – 2-3 см, 5 – 3-4 см, 6 – 4-5 см, 7 – 5-6 см, 8 – 6-7 см, 9 – 8-9 см, 10 – 10-11 см.

микроводорослей, на первом этапе активно развивались диатомовые, которые образовывали бурые пятна на стенках и дне колбы. Затем их развитие замедлялось и усиливалось развитие мелких колониальных цианопрокариот с диаметром клеток 1 – 2 мкм, а также нитчатых синезеленых *Oscillatoria* sp. Следует отметить, что в слое 0 – 1 и 1 – 2 см активно шел процесс роста вегетативных клеток микроводорослей, а также наиболее значительным было их разнообразие. В видовом разнообразии водорослей отмечено закономерное снижение их числа, от верхних слоев грунта к нижним. Так, максимальное число видов (18) отмечено в верхнем слое (0 – 1 см), минимальное – (по 1 виду) в слоях 4 – 5; 5 – 6 и 10 – 11 см.

В январе в слое 0 – 1 см найдены цисты Dinophyta с красным глазком, что свидетельствует о их жизнеспособности, подвижные клетки *Bacillaria paxillifera*, соединенные в колонии, делящиеся клетки *S. costatum*, диатомовые *Pleurosigma*, *Cyclotella küetzingiana* var. *pelagica*, *Leptocylindrus danicus*, кокколитофориды и молодая клетка динофитовых. В феврале продолжалась вегетация *S. costatum* и появился *Chaetoceros* sp., среди которых часто встречались клетки, находящиеся в стадии деления, а также многочисленные донные подвижные формы диатомовых. Следует отметить, что обильное развитие этих бентосных диатомовых, развивающихся из посевов суспензий грунта, происходило только в верхнем 0 – 5 см слое. Это можно объяснить тем, что многие морские пеннатные диатомовые (*Diploneis* spp., *Navicula* spp.) не образуют спор и имеют вегетативную донную стадию (как *S. costatum*), способную опускаться на дно и переживать неблагоприятные для них периоды [22].

В нижележащих слоях грунта интенсивность прорастания клеток постепенно уменьшалась. В слое грунта 1 – 2 см при вторичном просмотре в феврале в поверхностном слое осадков были отмечены скопления диатомовых буроватого цвета. В их составе наиболее массовым видом был *Isthmia enervis*, отмечена колониальная форма *Chaetoceros atlanticus*, одиночные клетки *Chaetoceros* sp., *Melosira* sp., *Thalassiosira* sp., *Coscinodiscus* sp. Часто и в большом количестве встречались цисты динофлагеллят, однако они не прорастали.

В слое 2 – 3 см при первом просмотре в январе найдены клетки кокколитофорид. В феврале отмечались в массе бентосные диатомовые водоросли, мелкая колониальная форма *Cyclotella küetzingiana* var. *pelagica*, зеленая *Monoraphidium arcuatum*, золотистая *Pavlova pinguis*. Следует отметить, что если в черноморских илах при их проращивании на чашках обилие диатомовых сменялось на втором этапе синезелеными, в илах из Адриатического моря – диатомовые сменялись мелкоразмерными золотистыми *Pavlova pinguis*.

В слое 3 – 4 см при первом просмотре 14 января 2008 г. обнаружены цисты динофитовых и возможно живые клетки кокколитофорид. В начале февраля при повторном просмотре доминировала *S. costatum*, колониальная форма *Cyclotella* sp. и бентосные диатомовые размером 12,0 – 23,0 мкм.

В слое 4 – 5 см в феврале 2008 г. в значительном количестве найдена *S. costatum*, в цепочках которой встречались клетки в стадии деления, взрослая пигментированная клетка *Pleurosigma elongatum*, живые, активно двигающиеся клетки бентосных диатомовых, собранные в колонии, а также споры диатомовых.

В слое 5 – 6 см в феврале найдены только *S. costatum*, мелкоразмерные бентосные диатомовые и много спор диатомовых водорослей. В слое 6 – 7 см мелкоразмерные диатомовые водоросли образовали пятно коричневого цвета. В слое 7 – 8 см найдены цисты динофитовых с красным глазком (т.е. «живые»), вместе с тем вегетативные клетки динофитовых не отмечены. В слое 8 – 9 см отмечались единичные клетки *S. trochoidea* и *E. huxleyi*, в слое 10 – 11 см единичные клетки *Thalassiosira* sp. и *E. huxleyi*. В остальных слоях (12 – 30 см) отмечались жизнеспособные цисты динофитовых, но их активный рост не наблюдался.

Одной из возможных причин, по которой не прорастали цисты динофитовых из глубоководных осадков Адриатического моря в культуре, могло быть массовое развитие диатомовых, которые, очевидно, ингибировали развитие динофлагеллят. Так, известно, что *S. costatum*, активно развивающаяся в смешанной культуре из прибрежных осадков Черного моря, часто подавляла развитие вегетативных клеток динофлагеллят [2].

Таким образом, сравнение видового состава водорослей, выращенных их осадков Черного и Адриатического моря, показало более высокое разнообразие их в Адриатическом море, что подтверждает известную закономерность о большем разнообразии микроводорослей планктона в Средиземном море, чем в Черном [23], а также, возможно, связано с отсутствием больших скоплений сероводорода в глубинных слоях Адриатического моря;

– как в Черном, так и в Адриатическом морях наблюдалось закономерное снижение числа видов и интенсивности их развития от верхних к нижним слоям осадков;

– из глубоководных черноморских осадков наиболее активно в культуре развивались диатомовые и синезеленые водоросли, осадки Адриатического моря давали, в основном, развитие диатомовым и золотистым;

– микроводоросли в глубоководных осадках могут сохраняться как в виде покоящихся спор и цист, так и в виде вегетативных донных стадий (*S. costatum*, бентосные пеннатные диатомовые *Diploneis* spp., *Navicula* spp.);

– как прибрежные и шельфовые, так и глубоководные осадки Черного и Адриатического морей можно рассматривать как «залежи» планктонных водорослей и их спор, которые сохраняют жизнеспособность даже в условиях сероводородной зоны и в определенных условиях могут прорасти.

Следует также подчеркнуть, что работа, связанная с проращиванием покоящихся спор и цист водорослей из осадков, может иметь практическую значимость, связанную с дальнейшим использованием этих водорослей в культуре, т.к. они находятся в хорошем физиологическом состоянии и обладают высокими показателями роста. Из донных осадков могут прорасти водоросли, редко встречающиеся и развивающиеся в незначительных количествах в планктоне, поэтому полученные культуры водорослей, можно использовать для постановки лабораторных экспериментов.

Выражаем свою признательность С.Б.Гулину (заведующему отделом радиационной и химической биологии Института биологии южных морей НАН Украины, доктору биологических наук, профессору) за организацию сборов проб глубоководных осадков в Черном и Адриатическом морях, А.В.Курилову (старшему научному сотруднику Одесского филиала Инсти-

туда биологии южных морей НАН Украины) за оказанную техническую помощь в постановке лабораторных экспериментов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Донные осадки*. <http://www.slovari.yandex.ru>
2. *Зайцев Ю.П., Александров Б.Г., Берлинский Н.А., Богатова Ю.И., Большаков В.Н. и др.* Базовые биологические исследования Одесского морского порта (август – декабрь 2001): итоговый отчет. Серия монографий Одесского демонстрационного центра программы Глобалласт.– Одесса, 2004.– № 7.– 171 с.
3. *Нестерова Д.А.* Планктонные водоросли донных осадков Одесского порта (Черное море, Украина) // *Альгология*.– 2010.– 20, № 3.– С.300-311.
4. *Теренько Л.М.* Динофлагелляты северо-западного Причерноморья: видовое разнообразие и экология: Автореф. дис. ... канд. биол. наук.– Севастополь, 2005.– 23 с.
5. *Згуровская Л.Н.* Влияние добавок элементов питания на прорастание спор и деление планктонных водорослей из донных грунтов // *Океанология*.– 1977.– 17, вып.1.– С.119-122.
6. *Згуровская Л.Н.* Видовой состав и распределение планктонных водорослей в донных илах Черного моря // *Океанология*.– 1978.– 18, вып. 4.– С.716-719.
7. *Зайцев Ю.П., Поликарпов Г.Г., Егоров В.Н., Александров Б.Г., Гаркуша О.П. и др.* Средоточие останков оксифионтов и банк живых спор высших грибов и диатомовых в донных отложениях сероводородной батииали Черного моря // *Доп. НАН України*.– 2007.– № 7.– С.159-164.
8. *Зайцев Ю.П., Поликарпов Г.Г., Егоров В.Н., Гулин С.Б., Копытина Н.И. и др.* Биологическое разнообразие оксифионтов (в виде жизнеспособных спор) и анаэробов в донных осадках сероводородной батииали Черного моря // *Доп. НАН України*.– 2008.– № 5.– С.168-173.
9. *Uzar S., Aydin H., Minareci E.* Dinoflagellate cyst assemblages in the surface sediments from Izmir bay, Aegean sea, Eastern Mediterranean // *Academic J*.– 2010.– v.5(3).– P.285-295. <http://www.academicjournals.org/SRE>
10. *Montresor M., Zingone A., Sarno D.* Dinoflagellate cyst production at a coastal Mediterranean site // *J. Plankton Res.*– 1998.– v.20(12).– P.2291-2312.
11. *Montresor M., Montesarchio E., Zingone A., Marino J.* Calcareous dinoflagellate cysts in marine sediments of the Gulf of Naples (Mediterranean Sea) // *Rev. Palaeobot. Palynol.*– 1994.– v.84.– P.45-56.
12. *Zaitsev Yu.P., Polikarpov G.G.* Recently discovered new biospheric pelocontour function in the black sea reductive bathyal zone // *J. Black Sea/Mediterranean Environment*.– 2008.– v.14.– P.151-165.
13. *Matsuoka K., Fukuyo Y.* Technical Guide for modern dinoflagellate cyst study.– Tokyo: Japan Society of the Promotion of Science (WESTPAC-HAB/WESTPAC ЛОС), 2000.– 29 p.
14. *Прошкина-Лавренко А.И.* Диатомовые водоросли планктона Чёрного моря.– М.-Л.: АН СССР, 1955.– 222 с.
15. *Cronberg G., Annadotter H.* Manual on aquatic cyanobacteria: A photo guide and synopsis of their toxicology.– Denmark Intern. Soc. for the Study of Harmful Algae and UN Educational, Scientific and Cultural Organisation.– 2006.– 105 p.
16. *Loeblich A.R.* A seawater medium for dinoflagellates and the nutrition of *Cachonina niei* // *J. Phycol.*– 1975.– 11.– P.80-85.

17. *Gross F.* The life history of some marine plankton diatoms // *Phil. Trans. R. Soc. Lond. Ser. B.*– 1938.– 228.– P.1-48.
18. *Кашкин Н.И.* О зимних «залежах» планктонных водорослей в грунте сублиторали // *Тр. Ин-та океанологии АН СССР.*– 1964.– т.65.– С.49-57.
19. *Водоросли, вызывающие «цветение» водоемов северо-запада России.*– М., 2006.– 367 с.
20. *Прошкина-Лавренко А.И., Макарова И.В.* Водоросли планктона Каспийского моря.– Л., 1968.– 291 с.
21. *Viličić D., Marasović I., Mioković D.* Checklist of phytoplankton in the eastern Adriatic Sea // *Acta Bot. Croat.*– 2002.– 61(1).– P.57-91.
22. *Семина Г.И.* О двух зональных группировках фитопланктона (на примере Берингова моря) // *Докл. АН СССР.*– 1955.– т.101, № 2.– С.268-273.
23. *Riedl R.* Fauna und Flora des Mittelmeeres.– Hamburg, 1983.– 490 p.

Материал поступил в редакцию 14.09.2011 г.

АНОТАЦІЯ. Узагальнені результати досліджень мікробіодоростей з глибоководних опадів Чорного і Адріатичного морів. У складі водоростей, пророслих з цист і спор донних опадів сірчановодневої зони Чорного моря, виявлено 17 видів мікробіодоростей, що відносяться до 6 систематичних відділів Bacillariophyceae, Dinophyceae, Prymnesiophyceae, Chlorophyceae, Cyanophyceae і Chrysophyceae. Вперше отримані живі культури з глибоководних опадів південної Адріатики і приводиться список для 30 видів водоростей. Відмічено закономірне зниження числа видів і інтенсивності їх розвитку від глибини шару осаду.

ABSTRACT. Results of researches of microalgae are generalized from bottom sediments of the Black and Adriatic Seas. Among the algae which have sprouted from cysts and spores from bottom sediments of the hydrogen sulphide bathyal zone, there were 17 species of the microalgae which belonged to 6 divisions Bacillariophyceae, Dinophyceae, Prymnesiophyceae, Chlorophyceae, Cyanophyceae and Chrysophyceae. For the first time live cultures from bottom sediments of southern Adriatic Sea are received and for this area 30 species of algae were registered. Natural decrease in number of species and intensity of their development was noted at the increase of the depth of the deposit.