

Н.И.Копытина, Ю.П.Зайцев

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

### **МИКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В СЕРОВОДОРОДНОЙ ЗОНЕ ЧЕРНОГО МОРЯ (ОБЗОР)**

Изложена история изучения грибов в сероводородной зоне Черного моря с со-роковых годов прошлого века до настоящего времени, проанализированы результа-ты проведенных исследований. Представлен таксономический список микромице-тов, найденных в сероводородной батииали Черного моря.

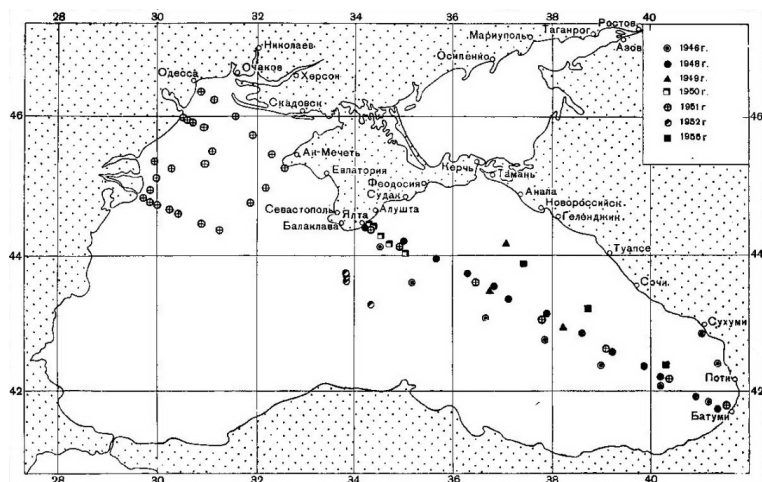
**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *сероводородная зона, дрожжеподобные грибы, фа-культативно анаэробные микромицеты, плотность пропагул.*

Большие глубины, занимающие основную часть Черного моря по пло-щади дна и объему, образуют практически застойную зону, а очень слабое турбулентное перемешивание способствует формированию анаэробной среды. Около 87 % объема вод моря лишены кислорода и заражены серово-дородом, который содержится в воде, начиная с глубин 150 – 200 м. Эта особенность выделяет Черное море среди всех других морей мира [1].

Грибы в морской среде присутствуют постоянно и выполняют важную экологическую функцию. В 1999 г. на VII-м Международном симпозиуме по морской и пресноводной микологии в Гонконге было предложено в ка-честве главного критерия при определении морских грибов использовать их способность прорасти и формировать мицелий в естественных морских условиях [2].

Первые глубоководные исследования микобиоты Черного моря (на при-мере дрожжеподобных организмов) были проведены в 1946 – 1955 гг. оте-чественными микробиологами А.Е.Крисс, М.И.Новожиловой, Е.А.Рукиной, А.С.Тихоненко и В.И.Бирюзовой (рис.1). В 1946 – 1949 гг. по разрезу «Ялта – Батуми», на станциях, расположенных далеко от берегов, исследовали во-ду, отобранную батометром с горизонтов 0,25; 50; 75; 100; 125; 175; 200; 225; 250; 300; 500; 750; 1000; 1250; 1500; 1750 и 2000 м. Воду высевали на агаровые среды в объеме 0,1; 0,25 или 0,5 мл. Из более 200 проб воды толь-ко в 5-ти были выявлены дрожжи на глубинах 50; 100; 125 и 175 м, т.е. в кислородной зоне [3].

В 1949 г. при исследовании микобиоты был использован метод микро-скопирования мембранных фильтров, через которые пропускали 50 мл во-ды, взятой с различных глубин моря, что позволило обнаружить почкующи-еся формы дрожжей даже на максимальных глубинах, где концентрация сероводорода очень высока [4]. Создавалось впечатление, что и в сероводо-родной области Черного моря условия не препятствуют развитию дрожже-вых микроорганизмов. Поэтому, начиная с 1950 г., методика исследований была изменена. В приборе Зейтца фильтровали 35 –50 мл воды через мем-бранный ультрафильтр. Фильтр с осевшими на нем микроорганизмами по-мещали тыльной стороной на поверхность сусло-агара в чашку Петри для



Р и с . 1 . Карта-схема микробиологических станций Черного моря в 1946 – 1955 гг. (по А.Е.Крисс, 1959).

проращивания. Материал инкубировали 3 – 4 дня при температуре 25 – 28°C. На фильтрах учитывали общее число колоний дрожжей и отвивали каждую из них в пробирки со скошенным сусло-агаром. Колонии дрожжей на фильтре нередко имели очень малые размеры, что затрудняло их выделение, поэтому удалось получить лишь около 60 % чистых культур из общего числа [5].

На некоторых станциях фильтры с фильтратами воды помещали в пробирки с жидким суслом, которые инкубировали 10 дней. Было отмечено энергичное брожение с обильным выделением газа в пробах воды с глубин 75; 175; 250; 500 и 700 м. Следовательно, на больших глубинах Черного моря, где из-за сероводорода отсутствуют животные и растения, встречаются дрожжи, сохранившие не только свою жизнеспособность, но и бродильную функцию [6]. Полученные результаты, а также литературные данные о способности дрожжей образовывать сероводород в культурах (брожение может идти с образованием уксусной кислоты, этилацетата, бисульфита и сероводорода) подтверждают, что некоторые дрожжевые грибы способны развиваться в сероводородной зоне Черного моря [3, 5]. М.Н.Мейсель [7] установил, что дрожжевая клетка перестраивается с аэробного на анаэробный тип дыхания в течение 3 часов, и предположил, что концентрации сероводорода, имеющиеся в глубинах Черного моря, не должны оказывать сильного токсического действия на дрожжевые микроорганизмы.

Методом культивирования дрожжи были выделены до предельных глубин Черного моря (2000 м). Максимальное число дрожжевых клеток – 350 КОЕ·дм<sup>-3</sup> (колониеобразующие единицы или пропaгулы – клетки, дающие начало новому организму) – было выявлено в 2-х пробах воды: с глубин 1750 и 2000 м, т.е. много глубже нижней границы фито- и зоопланктона (200 м) [6].

О числе дрожжевых организмов нельзя достоверно судить на основании данных, полученных с помощью метода подсчета колоний, выросших на специальных средах. Достоверность данных еще больше понижается при проращивании микроорганизмов на мембранных фильтрах. Антагонистическое влияние микроорганизмов друг на друга может резко исказить дейст-

вительную картину [3]. Поэтому пробы воды параллельно исследовали методом прямой микроскопии. Профильтровывали 20 – 30 мл воды через мембранный ультрафильтр, который затем фиксировали в парах формалина, окрашивали карболовым эритрозинном, высушивали и просветляли в канадском балъзаме. Микроскопировали всю поверхность фильтра [6]. Методом прямой микроскопии дрожжи были обнаружены в большем числе проб (56 %), чем при использовании метода культивирования (40 %). Обычно количество пропагул дрожжей, обнаруживаемое методом микроскопирования, больше, чем при подсчете колоний на средах. Однако различие в этих случаях не столь велико, как в отношении бактерий в незагрязненных водах, в которых прямым счетом обнаруживается в 100 и 1000 раз больше бактериальных клеток, чем методами культивирования. Вероятно, дрожжевые организмы в морских водоемах в основном – гетеротрофы, использующие легко усвояемое органическое вещество, и этим объясняется отсутствие резких различий между данными методов прямого счета и культивирования [6].

В 1950 г. (рис.1) исследования проводили от г.Ялты в центральную часть моря на станциях, расположенных на расстоянии 0,5; 2; 10; 30; 50 и 60 миль от берега, на горизонтах: 1; 5; 10; 25 и далее через каждые 25 м до 300-метрового горизонта, а глубже – через каждые 250 м. Это позволило проследить распространение дрожжей в воде по мере удаления от берега, как в поверхностном, так и в глубоководных слоях воды. В сероводородной зоне (начало 10 миль от берега, глубина 175 м) на фильтрах были обнаружены по 2 колонии грибов на глубинах 175 и 500 м. В 30 милях от берега на глубине 1250 м зарегистрировано максимальное число колоний дрожжей – 4 [3].

В 1951 г. глубоководные исследования проводили по разрезу «Ялта – Батуми» (7 станций, из них 4 с глубинами 1750 – 2000 м). В ходе исследований не выявлена связь численности пропагул дрожжей и глубины, так как только на глубине 1250 м были выявлены дрожжи на всех глубоководных станциях в количестве 50 – 300 КОЕ·дм<sup>-3</sup> [5].

А.Е.Крисс и соавторы к ограничивающим факторам среды не относили низкую температуру воды, соленость, высокое давление и анаэробные условия (как в сероводородной зоне Черного моря), т.к. располагали литературными данными о сохранении жизнеспособности дрожжей в этих экстремальных условиях. Исследователи поставили эксперименты, доказывающие, что присутствие дрожжей в море не является случайным, потому что в морской воде находятся нужные формы и концентрации органических веществ. Воду из открытых районов Черного моря и Тихого океана отбирали батометром с глубины в несколько десятков метров, профильтровывали через мембранные ультрафильтры, разливали по 10 мл в пробирки, стерилизовавшие в автоклаве при давлении в 1 атм., а затем засеивали суспензией дрожжей в физиологическом растворе. Были исследованы 55 культур различных видов дрожжей, выявленных на разных глубинах Черного, Охотского морей и Тихого океана. Пробирки выдерживали при комнатной температуре в течение месяца. Число дрожжевых клеток подсчитывали в камере Тома через каждые 10 дней. Установлено, что дрожжи могут размножаться в натуральной морской воде (натуральной в том смысле, что к ней не добавлялись питательные вещества, естественно, что она претерпела из-

менения, вызванные стерилизацией), увеличивая свою биомассу до 40 раз (в среднем в 10 – 15 раз). Также было получено подтверждение литературных данных, что соленость не играет значительной роли в развитии дрожжей [6].

Коллектив авторов под управлением А.Е.Крисса провел исследования физиологических свойств дрожжей, выделенных из сероводородной зоны Черного моря. Выявлена выраженная денитрифицирующая способность дрожжей, т.е. при недостатке кислорода они могут восстанавливать нитраты до нитритов. На 47 культурах были получены отрицательные результаты по сульфатвосстанавливающей способности [6].

По результатам исследований микобиоты сероводородной зоны Черного моря в 1950 – 1955 гг. авторами были сделаны следующие выводы:

- дрожжевые организмы встречаются на значительном расстоянии от суши, от поверхности до дна;
- по-видимому, распределение дрожжей в море связано с концентрацией легко усвояемого органического вещества;
- выявлено преобладание дрожжей в прибрежной зоне моря;
- соленость морской воды не является лимитирующим фактором развития дрожжей;
- обнаружена денитрифицирующая способность дрожжей (восстановление нитратов до нитритов);
- получены отрицательные результаты в отношении сульфатвосстанавливающей способности дрожжей;
- культуры дрожжей были представлены видами родов *Torulopsis*, *Rhodotorula*, *Sporobolomyces* (в настоящее время некоторые виды дрожжей имеют другое название (табл.1)).

Доказано, что большинство дрожжевых организмов в морских водоемах – не случайные формы, а виды, приспособленные к жизнедеятельности в условиях моря, и, несомненно, участвующие в процессах превращения неорганических и органических веществ и играющие определенную роль в пищевых отношениях обитателей морей и океанов [3, 5, 6].

В 1950 – 1955 гг. в донных отложениях Черного моря дрожжи не были обнаружены. По мнению авторов данной статьи, одной из причин может быть недостаточный период инкубации материала (как показывает наш опыт, экспозицию посевов нужно проводить не менее 2-х месяцев).

Летом 1965 г. состоялась научная экспедиция судна «Odysseus-65» (США), в её программу входили комплексные исследования по геологии, геофизике, геохимии, океанологии и биологии. Пробы воды отобрали от поверхности и до 2000 м на 21 станции, расположенной по периферии батипелагиали Черного моря (рис.2). Сетка станций также охватывала районы пролива Босфор и авандельты реки Дунай, всего было собрано 174 пробы. Микологи С.П.Мейерс, Д.Г.Ахерн и Ф.Ж.Рот [8] выделяли грибы на среды с агаром, приготовленные на стерильной воде Черного моря. Чтобы предотвратить быстрый рост колоний дрожжей и плесени на мембранных фильтрах, чашки инкубировались при температуре 6 – 9°C. Подсчет колоний проводили дважды: после 72 часов и после 6 – 8 дней инкубации.

Из воды выделили 558 культур дрожжевых и анаморфных грибов. В 84 пробах обнаружили дрожжи, в 97 – анаморфные грибы. Всего изолиро-

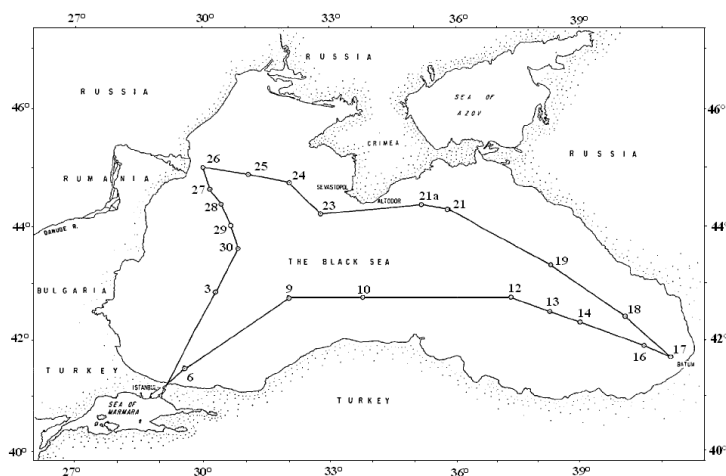


Рис. 2. Карта-схема станций отбора проб в экспедиции судна «Odysseus-65» (США) в 1965 г. (по [8]).

вали 45 видов грибов (20 видов дрожжеподобных грибов и 25 видов из морфологической группы Anamorphic Fungi). В кислородной зоне моря было идентифицировано 45 видов грибов, в сероводородной – 11. Однако в статье не указан полный видовой состав грибов из сероводородной зоны (табл.1). В кислородной зоне доминировали дрожжи *Debaryomyces hansenii pullulans* (автор и год описания видов приведены в таблицах), *Candida diddensii*, *Rhodotorula rubra*, *Rhodotorula glutinis*, анаморфные грибы *Cladosporium* spp. и *Aureobasidium*, часто встречались *Alternaria tenuissima* и *A. tenuis*, что отражает их широкое распространение в Черном море [8]. Встречаемость, число видов и плотность пропагул грибов заметно уменьшалась с увеличением глубины. До 100 м глубины 60 проб из 115 (примерно 60 %) содержали грибы, ниже встречаемость микромицетов в пробах снизилась до 25 %. Средняя плотность грибов составляла 5 – 10, максимальная 150 КОЕ·дм<sup>-3</sup>. Пробы с плотностью пропагул более 20 КОЕ·дм<sup>-3</sup> были обнаружены на глубине до 100 м. В среднем в пробах выявляли менее 2,6 видов грибов [8].

В своей работе Мейерс и его соавторы сопоставляют собственные результаты с данными, полученными ранее Криссом и Новожиловой [6]. Американские микологи исследовали 250 – 500 мл воды, тогда как Крисс и Новожилова изучали объемы воды равные 0,1; 0,25; 0,5, 30 или 50 мл. Расчеты Крисса и Новожиловой в некоторых случаях произведены на основе выделения единственной колонии дрожжей, что дает большую ошибку при оценке плотности пропагул грибов. По данным русских исследователей плотность пропагул дрожжей в воде колебалась от 29 до 2801 КОЕ·дм<sup>-3</sup> (в среднем 54 КОЕ·дм<sup>-3</sup>), что гораздо выше цифр полученных в экспедиции на судне «Odysseus-65» (средняя плотность пропагул 5 – 10, максимальная 150 КОЕ·дм<sup>-3</sup>). Мейерс и его соавторы пришли к выводу, что для получения достоверных данных минимальный объем отфильтрованной воды должен составлять 100 мл (лучше 500 – 1000 мл) из-за сравнительно низкой плотности пропагул грибов в морских водах вообще. Американские микологи счи-

Т а б л и ц а 1. Список грибов, выделенных из воды и донных отложений сероводородной зоны Черного моря (глубина > 150 м).

таксон	биотоп	глубина, м	ссылка
Ascomycota			
* <i>Arenariomyces trifurcatus</i> Höhnk & E.B.G.Jones, 1954; = <i>Corollospora trifurcata</i> (Höhnk) Kohlm., 1962; = <i>Halosphaeria trifurcata</i> (Höhnk) Cribb & J.W. Cribb, 1956; = <i>Peritrichospora trifurcata</i> (Höhnk) Kohlm., 1961	грунт	835	[11]
<b><i>Chaetomium globosum</i></b> Kunze, 1817; = <i>Chaetomium chartarum</i> Ehrenb., 1818; = <i>Chaetomium chlorinum</i> (Sacc.) Grove, (1912); = <i>Chaetomium coarctatum</i> Sergeeva, 1961; = <i>Chaetomium fieberi</i> var. <i>chlorina</i> Sacc., 1877; = <i>Chaetomium globosum</i> Kunze, 1817; = <i>Chaetomium kunzeanum</i> Zopf, 1881; = <i>Chaetomium olivaceum</i> Cooke & Ellis, 1878; = <i>Chaetomium rectum</i> Sergeeva, 1961; = <i>Chaetomium subglobosum</i> Sergeeva, 1960;	грунт	730	[10, 12]
<i>Ch. murorum</i> Cda, 1823	грунт	730	[12]
* <i>Corollospora maritima</i> Werdermann, 1922; = <i>Peritrichospora integra</i> Linder, 1944	грунт	835	[11]
<i>Schizothecium</i> sp.	грунт	730	[13]
<i>Sporormiella cylindrospora</i> S.I.Ahmed & Cain 1972; = <i>Sporormiella cylindrospora</i> S.I.Ahmed & Cain, 1972	грунт	730	[13]
Anamorphic Fungi			
<i>Acremonium</i> sp.	грунт	835	[13]
<b><i>Alternaria alternata</i></b> (Fr.) Keissl., 1912; = <i>Alternaria fasciculata</i> (Cooke & Ellis) L.R. Jones & Grout, 1897; = <i>Alternaria rugosa</i> McAlpine, 1896; = <i>Alternaria fasciculata</i> (Cooke & Ellis) L.R. Jones & Grout, 1897; = <i>Alternaria rugosa</i> McAlpine, 1896; = <i>Alternaria tenuis</i> Nees, 1816; = <i>Macrosporium fasciculatum</i> Cooke & Ellis, 1877; = <i>Torula alternata</i> Fr., 1832; = <i>Alternaria tenuis</i> Nees, 1816; = <i>Macrosporium fasciculatum</i> Cooke & Ellis, 1877; Torula alternata Fr., 1832	грунт, вода	730, 835, 2085	[8, 11]
<i>Alternaria chlamydospora</i> Mouch., 1973	грунт	2085	[13]
<i>Al. consortiale</i> (Thuem.) Hyghes & Joly, 1953	грунт	2090	[11]
<b><i>A. radicina</i></b> Meier, Drechsler & E.D. Eddy, 1922; = <i>Macrosporium daucinum</i> Yatel, 1938; = <i>Pseudostemphylium radicinum</i> (Meier, Drechsler & E.D. Eddy) Subram., 1961;	грунт	835	[11]

таксон	биотоп	глубина, м	ссылка
= <i>Stemphylium radicinum</i> (Meier, Drechsler & E.D. Eddy) Neerg., 1939; = <i>Thyrospora radicina</i> (Meier, Drechsler & E.D. Eddy) Neerg., 1939			
<b>A. tenuissima</b> (Kunze) Wiltshire, 1933; = <i>Clasterosporium tenuissimum</i> (Nees & T. Nees) Sacc., 1886; = <i>Helminthosporium tenuissimum</i> Kunze, in Nees & Nees 1818; = <i>Macrosporium tenuissimum</i> (Kunze) Fr., 1832	грунт, вода	835	[8, 10]
<i>Alternaria</i> spp.	грунт	835	[13]
<b>Aspergillus niger</b> Tiegh., 1867; = <i>Aspergillopsis nigra</i> (Tiegh.) Speg., 1910; = <i>Aspergillus niger</i> Tiegh., 1867; = <i>Rhopalocystis nigra</i> (Tiegh.) Grove, 1911; = <i>Sterigmatocystis nigra</i> (Tiegh.) Sacc., 1877	грунт, вода	835	[8, 11]
<i>Aspergillus</i> sp.	грунт	730	[10]
<b>Cladosporium cladosporioides</b> (Fresen.) G.A. de Vries, 1952; = <i>Hormodendrum cladosporioides</i> (Fresen.) Sacc., 1880; = <i>Monilia humicola</i> Oudem., 1902; = <i>Penicillium cladosporioides</i> Fresen., 1850	грунт, вода	до 1500	[8, 13]
<b>Cladosporium herbarum</b> = <i>Byssus herbarum</i> (Pers.) DC., 1815; = <i>Dematium herbarum</i> Pers., 1794; = <i>Dematium herbarum</i> var. <i>herbarum</i> Pers., 1794; = <i>Dematium vulgare</i> Pers., 1822; = <i>Heterosporium epimyces</i> Cooke & Massee, 1883	вода	до 1300	[8]
<i>Humicola</i> sp.	грунт	835	[10]
<i>Penicillium citrinum</i> (Saito) Lodder, 1934	грунт, вода	835, 2090	[8, 11]
<i>Penicillium</i> sp.	грунт	730, 2085	[10]
<b>Stachybotrys chartarum</b> (Ehrenb.) S. Hughes, 1958; = <i>Oospora chartarum</i> (Ehrenb.) Wallr., 1833; = <i>Stachybotrys atra</i> Corda, 1837; = <i>Stachybotrys atra</i> f. <i>atra</i> Corda, 1837; = <i>Stachybotrys atrogrisea</i> Ellis & Everh., 1888; = <i>Stachybotrys lobulata</i> Berk., 1860; = <i>Stachybotrys scabra</i> Cooke & Harkn., 1884; = <i>Stilbospora chartarum</i> Ehrenb., 1818	грунт	730, 2085	[11, 12]
<b>Ulocladium chartarum</b> (Preuss) E.G. Simmons, 1967; = <i>Alternaria chartarum</i> Preuss, 1851; = <i>Alternaria chartarum</i> f. <i>stemphylioides</i> (Bliss) P. Joly, 1964	грунт	835, 1875	[13]

## Продолжение таблицы 1.

таксон	биотоп	глубина, м	ссылка
аскомицетовые дрожжи			
<i>Candida diddensii</i> (Phaff, Mraak & O.B. Williams) Fell & S.A. Mey. 1967; = <i>Trichosporon diddensiae</i> Phaff, Mraak & O.B. Williams 1952	вода	до 1600	[8]
<i>C. pulcherrima</i> (Lindner) Windisch, 1940	вода	до 2200	[3]
<i>C. saitoana</i> Nakase & M. Suzuki, 1985; = <i>Cryptococcus candidus</i> (Saito) C.E. Skinner, 1950; = <i>Torula candida</i> Saito, 1922; = <i>Torulopsis candida</i> (Saito) Lodder, 1934	вода	до 1500	[5]
<i>Candida</i> sp.	грунт	2104	[13]
<i>Cystofilobasidium infirmominiatum</i> (Fell, I.L. Hunter & Tallman) Hamam., Sugiy. & Komag., 1988; = <i>Cryptococcus infirmominiatus</i> (Okun.) Phaff & Fell in Lodder, 1970; = <i>Rhodosporeidium infirmominiatum</i> Fell, I.L. Hunter & Tallman 1973; = <i>Rhodotorula glutinis</i> var. <i>infirmominiata</i> (Okun.) Lodder, 1934; = <i>Rhodotorula infirmominiata</i> (Okun.) T. Haseg. & Banno 1964; = <i>Torula infirmominiata</i> Okun., 1931	вода	до 300	[5]
<i>Debaryomyces hansenii</i> (Zopf) Lodder & Kreger-van Rij, 1984	вода	до 2000	[3]
<i>Torulopsis famata</i> (F.C. Harrison) Lodder & Kreger-van Rij, 1952	вода	до 300	[3]
<i>T. pulcherrima</i> (Lindner) Sacc., 1906	вода	до 1250	[3, 6]
<i>эпипна Hanseniospora apiculata</i>	вода	до 250	
базидиомицетовые дрожжи			
<i>Cryptococcus aerius</i> (Saito) Nann., 1927; = <i>Cryptococcus albidus</i> var. <i>aerius</i> (Saito) Phaff & Fell, 1970; = <i>Paratorulopsis aeria</i> (Saito) E.K. Novák & Zsolt, 1961; = <i>Torula aeria</i> Saito, 1922; = <i>Torulopsis aeria</i> (Saito) Lodder, 1934 = <i>Torulopsis pseudoaeria</i> Zsolt, 24: 213 (1958)	вода	до 300	[3]
<i>Cryptococcus laurentii</i> (Kuff.) C.E. Skinner, 1950; = <i>Cryptococcus flavescens</i> (Saito) C.E. Skinner, 1950; = <i>Cryptococcus laurentii</i> var. <i>flavescens</i> (Saito) Lodder & Kreger-van Rij, 1952; = <i>Rhodotorula flavescens</i> (Saito) Krassiln. = <i>Rhodotorula laurentii</i> (Kuff.) T. Haseg., Banno & Yamauchi, 1960;	вода	1000	[3, 5]



таксон	биотоп	глубина, м	ссылка
= <i>Torula flavescens</i> Saito, <i>Japanese Journal of Botany</i> 1: 43 (1922)			
= <i>Torula laurentii</i> Kuff., 1920;			
= <i>Torulopsis flavescens</i> (Saito) Lodder, 1934;			
= <b><i>Torulopsis laurentii</i></b> (Kuff.) Lodder, 1934			
<b><i>Rhodotorula aurantiaca</i></b> (Saito) Lodder, 1934;			
= <i>Chromotorula aurantiaca</i> (Saito) F.C. Harrison, 1928;			
= <i>Chromotorula aurea</i> (Saito) F.C. Harrison, 1928;			
= <i>Mycotorula colostri</i> T. Castelli, 1932;			
= <b><i>Rhodotorula aurea</i></b> (Saito) Lodder, 1934;	вода	до 300	[6]
= <i>Rhodotorula colostri</i> (T. Castelli) Lodder, 1934;			
= <i>Rhodotorula glutinis</i> var. <i>aurantiaca</i> (Saito) T. Haseg., (1958)			
= <i>Torula aurantiaca</i> Saito, 1922			
<i>R. colostri</i> (T. Castelli) Lodder, 1934	вода	до 200	[6]
<b><i>R. glutinis</i></b> (Fresen.) F.C. Harrison, 1928;			
= <i>Cryptococcus glutinis</i> Fresen., 1852;			
= <i>Saccharomyces glutinis</i> (Fresen.) E. Cohn	вода	до 1500	[8]
= <i>Torula glutinis</i> (Fresen.) Pringsh. & Bilewsky, (1911)			
= <i>Torulopsis glutinis</i> (Fresen.) C.W. Dodge 1935			
<b><i>R. mucilaginoso</i></b> (A. Jörg.) F.C. Harrison, 1928;			
= <i>Torula mucilaginoso</i> A. Jörg., 1909;			
= <i>Torulopsis mucilaginoso</i> (A. Jörg.) Cif. & Redaelli, 1926	вода	до 300	[6]
<b><i>R. rubra</i></b> (Schimon) F.C. Harrison (1928);			
= <i>Cryptococcus ruber</i> (Demme) Vuill., 1901;			
<i>Eutorula rubra</i> (Schimon) H. Will, 1916;			
= <i>Rhodotorula rubra</i> (Demme) Lodder, 1934;	вода	до 2000	[3, 8]
= <i>Saccharomyces ruber</i> Demme, 1889;			
= <i>Torula rubra</i> Schimon, in Will, 1912;			
= <i>Torulopsis rubra</i> (Demme) F.P. Almeida, 1933			
<b><i>Sporobolomyces salmonicolor</i></b> (B. Fisch. & Brebeck) Kluver & C.B. Niel, 1924;			
= <i>Blastoderma salmonicolor</i> B. Fisch. & Brebeck, 1894;	вода	до 1750	[6]
= <i>Prosporobolomyces salmonicolor</i> (B. Fisch. & Brebeck) E.K. Novák & Zsolt, 1961			
стерильный мицелий	грунт	809	[11]

Примечание: Список видов грибов соответствует представленному на сайте <http://www.indexfungorum.org/Names/Names.asp>

\* *Arenariomyces trifurcatus* Höhnk & E.B.G.Jones, 1954 – облигатно морской гриб;  
*Chaetomium globosum* Kunze, 1817 – название гриба, указанное в работе, в которой впервые упоминается данный вид в Черном море.

тают, что результаты, полученные ранее, должны быть переоценены. Однако данные двух коллективов исследователей (Крисс и др., Мейерс и др.), подтверждают, что с увеличением глубины плотность пропагул и видовое разнообразие грибов в воде снижаются.

Мейерс с соавторами считают, что микромицеты в сероводородную зону поступают из верхних слоев воды, сохраняют жизнеспособность, но не развиваются в ней. Общая низкая плотность пропагул грибов не позволила авторам установить закономерности распределения видового состава грибов в зависимости от абиотических факторов Черного моря [8].

Исследования сероводородной зоны Черного моря были продолжены в конце XX в. в Институте биологии южных морей им. А.О. Ковалевского Национальной академии наук Украины (ИнБЮМ, г.Севастополь) в связи с недостаточностью сведений в научной литературе об оксибионтах, в том числе в состоянии анабиоза. Н.Г.Сергеева и В.Е.Зайка обнаружили и описали две формы бентосных организмов с глубин 1800 и 2250 м [9]. Позже они были отнесены к роду *Aspergillus* [10].

В 2005 г. коллектив исследователей ИнБЮМ и его Одесского филиала под руководством академиков Ю.П.Зайцева и Г.Г.Поликарпова приступил к комплексному изучению организмов из донных осадков глубоководной зоны Черного моря. Материалом исследований послужили 10 проб черного ила из слоя 0 – 6 см, отобранных геологической трубкой и колоночным пробоотборником подводного телеробота *QUEST-4000* (рис.3) на 9 станциях (в 2006 г. со ст.9 были отобраны 2 пробы), расположенных на глубинах 730 – 2104 м (рис.4). В лабораторных условиях из образцов грунта впервые удалось получить культуры различных микроорганизмов-аэробов, характерных для кислородной зоны моря. Это были гетеротрофные бактерии, бактерии группы кишечной палочки, одноклеточные водоросли, мицелиальные грибы [10 – 14].

Микологическую обработку материала проводили методами прямого микроскопирования и накопления. Микроскопирование каждой пробы донных отложений проводили в трех повторностях. На предметное стекло наносили мокрый грунт (3 – 5 мг), добавляли водно-глицериново-спиртовую смесь (в соотношении 1:0,8:1) и проводили подсчет пропагул (спор и клеток гиф) при увеличении  $400\times$ . Плотность пропагул грибов рассчитывали на 1 г сухого грунта, принимая, что средний вес 1 г сырого черного ила  $\approx 1,4$  г сухого.

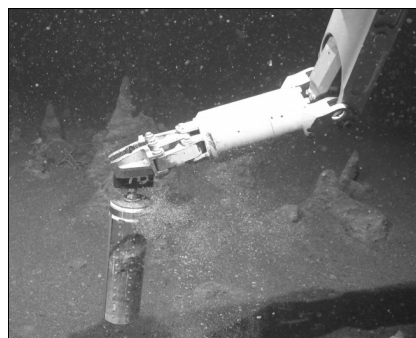


Рис. 3. Отбор донных отложений колоночным пробоотборником подводного телеробота *QUEST-4000*.

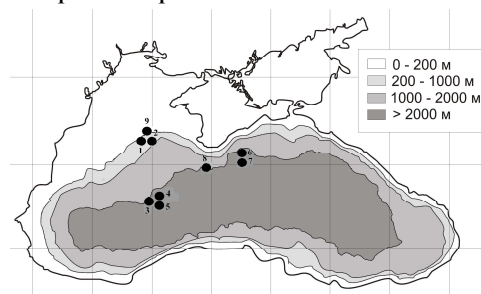


Рис. 4. Карта-схема отбора проб грунта в сероводородной батииали Черного моря.

ных отложений проводили в трех повторностях. На предметное стекло наносили мокрый грунт (3 – 5 мг), добавляли водно-глицериново-спиртовую смесь (в соотношении 1:0,8:1) и проводили подсчет пропагул (спор и клеток гиф) при увеличении  $400\times$ . Плотность пропагул грибов рассчитывали на 1 г сухого грунта, принимая, что средний вес 1 г сырого черного ила  $\approx 1,4$  г сухого.

Для посева 1,8 – 4,5 г ила разбавляли в 50 мл стерильной морской воды с антибиотиком (100000 ед. пенициллина на 100 мл), суспензию разливали в чашки Петри (по две повторности), в которые добавляли субстраты-приманки (стерильные полоски фильтровальной бумаги, опилки дуба). Чашки инкубировали в термостате при температуре 18 – 20°C в течение 2 – 5 месяцев, материал периодически просматривали под стереомикроскопом с малым увеличением («Биолам-9»). Идентификацию грибов и морфологическое измерение грибов проводили при увеличении 400<sup>×</sup> – 600<sup>×</sup> («Биолам-И»).

Всего в донных отложениях выявлен 31 вид высших грибов, 22 из которых выделены в лабораторных условиях (табл.1), споры остальных видов обнаружены методом прямого микроскопирования (табл.2) [10 – 14].

Т а б л и ц а 2. Виды микромицетов, выявленные методом прямого микроскопирования, из донных отложений сероводородной батиали Черного моря.

вид	глубина, м	ссылка
* <i>Amarenomyces ammophilae</i> (Lasch) O.E. Erikss., 1981; = <i>Amarenographium metableticum</i> (Trail) O.E. Erikss., 1982; = <i>Camarographium metableticum</i> (Trail) Grove, 1937; = <i>Camarosporium metableticum</i> Trail, 1886; = <i>Diplodina ammophilae</i> Trail, 1875; = <i>Heptameria ammophilae</i> (Lasch) Cooke, 1894 = <i>Leptosphaeria ammophilae</i> (Lasch) Rehm, 1882; = <i>Leptosphaeria sabuletorum</i> (Berk. & Broome) Höhn., 1918; = <i>Metasphaeria sabuletorum</i> (Berk. & Broome) Sacc., 1883; = <i>Montagnula perforans</i> (Roberge ex Desm.) Aptroot, 2006; = <i>Mycosphaerella perforans</i> (Roberge ex Desm.) Lind, 1913; = <i>Paradidymella perforans</i> (Roberge ex Desm.) Munk, 1957; = <i>Phaeosphaeria ammophilae</i> (Lasch) Kohlm. & E. Kohlm., 1965; = <i>Sphaeria ammophilae</i> Lasch, 1850	835	[11]
<i>Glioniella</i> sp.	2085	[11]
<i>Diapleella</i> sp.	2085	[10]
* <i>Leptosphaeria albopunctata</i> (Westendorp) Saccardo, 1883 = <i>Sphaeria albopunctata</i> Westendorp, 1959 = <i>S. incarcerata</i> Berkeley & Cooke, 1876 = <i>Leptosphaeria incarcerata</i> (Berk. & Cooke) Sacc., 1883 = <i>L. spartinae</i> Ellis & Everhart, 1885 = <i>L. sticta</i> Ellis & Everhart, 1885 = <i>Heptameria (Leptosphaeria) albopunctata</i> (Westendorp) Cooke, 1889 = <i>H. (Leptosphaeria) incarcerata</i> (Berk. & Cooke) Cooke, 1889	809, 2085	[11]
<i>Leptosphaeria</i> spp.	2085	[11]
<i>Pleospora</i> spp.	2085	[11]
* <i>Diplodia oraemaris</i> Linder, 1944	2051, 2085	[10]
* <i>Cumulospora varia</i> Chatmala & Somrith. 2004	2085	[11]

Примечание: обозначения как в табл.1.

На глубине 835 м обнаружено 11 видов грибов (2 – прямым микроскопированием и 9 – методом накопления), 9 видов (6 + 3) на глубине 2082 м, наименьшее число видов (1 + 1) отмечено на глубине 1875 м. Плотность пропагул в отложениях батиали была распределена крайне неравномерно от 0 (глубина 2090 м) до 3755 проп.г<sup>-1</sup> сухого грунта (1875 м).

В донных отложениях украинского побережья северо-западной части Черного моря (СЗЧМ) известно 60 видов грибов. Черный ил с запахом сероводорода широко распространен в прибрежной зоне моря и лиманах СЗЧМ и по сравнению с другими типами грунта отличается максимальным таксономическим разнообразием грибов (33 вида). По видовому составу микромицетов сходство донных отложений батиали с шельфовой зоной моря (до 20 м) составляло 42,9 %, с донными отложениями в виде черного ила 42,1 % (по коэффициенту Брей-Куртиса).

**Обсуждение.** Установлено, что грибы могут развиваться при большом диапазоне колебаний температуры. Известно, что эукариотические организмы в отсутствие кислорода переходят на анаэробное дыхание, при котором используют акцепторы электронов с высоким окислительно-восстановительным потенциалом ( $NO_3^-$ ,  $NO_2^-$ ,  $Fe^{3+}$ , фумарат, диметилсульфоксид и т.д.), что также было доказано в экспериментах Крисса с соавторами на дрожжах (способность восстанавливать нитраты до нитритов). Многие виды плесневых грибов относятся к группе факультативно анаэробных микроорганизмов, которые способны использовать в анаэробных условиях кислород из поражаемого ими материала. Эти данные получены для аэробов и факультативных анаэробов [15]. Исследования показали, что в почвах в анаэробных условиях длительное время (1 мес.) сохраняется 10 – 30 % общих запасов грибного мицелия в жизнеспособном состоянии. Численность микроскопических грибов, выделяемых из почв при анаэробной инкубации посевов, составляет от десятков до нескольких сотен КОЕ в 1 г почвы, видовое богатство около 30 видов [16]. Поэтому утверждение Крисса с соавторами об активном существовании дрожжевых грибов в сероводородной зоне Черного моря имеет научное обоснование.

Косвенным доказательством функционирования грибов в сероводородной зоне является выделение факультативных анаэробных микромицетов *Debaryomyces hansenii*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Penicillium*. Обнаружение других видов грибов аргументирует их способность переносить экстремальные условия в анабиотическом состоянии в виде спор различного генезиса (аскоспоры, конидии, хламидоспоры, телеоспоры) [8, 10 – 12].

**Заключение.** В воде и донных отложениях сероводородной зоны Черного моря обнаружено 47 видов грибов, из них 6 выделены различными методами в лабораторных условиях двумя коллективами исследователей. Пять видов микромицетов были инкубированы из воды и донных отложений [8, 10 – 12].

Результаты, полученные Мейерс и др. и Зайцевым и др., подтверждают способность пропагул грибов переносить экстремальные условия батиали Черного моря (отсутствие кислорода, наличие высоких концентраций сероводорода, высокое давление (до 210 атм.), низкую постоянную температуру воды (около 8°C)) и прорасти после попадания их в благоприятные условия. Обнаруженные факты заслуживают дальнейших специальных исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Леонов А. К.* Региональная океанография. Ч.1.– Л.: Гидрометиздат, 1960.– 765 с.
2. *Wasser S.P., Grishkan I., Kis-Papo T., et al* Species diversity of the Dead Sea fungi / Fungal life in the Dead Sea. Eds E.Nevo, A.Oren, S.P.Wasser Ruggell, A.R.A.Ganther Verlag.– 2003.– P.203-270.
3. *Крисс А.Е., Рукина Е.А., Тихоненко А.С.* Распространение дрожжевых организмов в море // Журнал общей биологии.– 1952. –т.8, № 3.– С.232-242.
4. *Крисс А.Е., Рукина Е.А., Бирюзова В.И.* Микрозональность в распределении гетеротрофных микроорганизмов в Черном море // Микробиология.– 1951. – т.20, № 3.– С.256-260.
5. *Крисс А.Е.* Морская микробиология (глубоководная).– М.: Из-во АН СССР, 1959.– 455 с.
6. *Крисс А.Е., Новожилова М.И.* Являются ли дрожжевые организмы обитателями морей и океанов? // Микробиология.– 1954.– т.23, вып.6.– С.667-683.
7. *Мейсель М.Н.* Функциональная морфология дрожжевых организмов.– М.-Л.: Изд. АН СССР, 1950.– С.217-242.
8. *Meyers S.P., Ahearn D.G., Roth F.J.* Mycological investigations of the Black Sea // Bull. Mar. Sci. Gulf. a.Caribbean.– 1967.– v.17, № 3.– P.576-596.
9. *Сергеева Н.Г., Заика В.Е.* Донные стадии *Krassilnikovia*е в сероводородной зоне Черного моря // Экология моря.– 1999.– вып.48.– С.83-86.
10. *Зайцев Ю.П., Копытина Н.И.* Высшие грибы из донных отложений сероводородной батиали Черного моря // 2-й съезд микологов России «Современная микология в России». 16-18.04 2008 г.– М.: Национальная академия микологии, 2008.– т.2.– С.386-387.
11. *Зайцев Ю.П., Поликарпов Г.Г., Егоров В.Н., Александров Б.Г. и др.* Средоточие останков оксибионтов и банк живых спор высших грибов и диатомовых в донных отложениях сероводородной батиали Черного моря // Доп. НАН України.– 2007.– № 7.– С.159-164.
12. *Зайцев Ю.П., Поликарпов Г.Г., Егоров В.Н. и др.* Биологическое разнообразие оксибионтов (в виде жизнеспособных спор) и анаэробов в донных осадках сероводородной батиали Черного моря // Доп. НАН України.– 2008.– №5.– С.168-173.
13. *Копытина Н.И.* Высшие морские грибы пелагических и донных биотопов северо-западного региона Чёрного моря: Автореф. на соискание уч. ст. канд. биол. наук.– Одесса, 2009.– 23 с.
14. *Zaitsev Y.P., Polikarpov G.G.* Recently discovered new biospheric pelocontour function in the Black Sea reductive bathyal zone // J. of the Black Sea / Mediterranean Environment.– 2008.– v.14, №3.– P.151-165.
15. Облигатные анаэроб <http://www.ai08.org/index.php/term/>
16. *Кураков А.В., Лаврентьев Р.Б., Нечитайло Т.Ю., Гольшин П.Н., Звягинцев Д.Г.* Разнообразие факультативно анаэробных мицелиальных микроскопических грибов в почвах // Микробиология.– 2008.– т.77, № 1.– С.103-112.

Материал поступил в редакцию 14.09.2011 г.

**АНОТАЦІЯ.** Викладено історію та методи дослідження грибів у сірководневій зоні Чорного моря з сорокових років минулого століття до нашого часу, проаналізовано результати проведених досліджень. Представлено таксономічний список мікроміцетів, знайдених у сірководневій батіалі Чорного моря.

**ABSTRACT.** History and methods of mycological researches in the Black Sea hydro-sulphuric zone from the 40<sup>th</sup> of the past century until present are described; results of the conducted researches are analyzed. Taxonomic list of micromycetes isolated from the hydrosulphuric bathial of the Black Sea is represented.