УДК 582.28(262.5)

КОМПЛЕКСЫ ГРИБОВ НА ЦЕЛЛЮЛОЗОСОДЕРЖАЩИХ СУБСТРАТАХ В ПРИБРЕЖНЫХ И ГЛУБОКОВОДНЫХ РАЙОНАХ ЧЕРНОГО МОРЯ

Н. И. Копытина [1, *], Е. А. Бочарова [2]

[1] Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН
*152742 пос. Борок, Ярославская обл., Некоузский р-н, e-mail: *kopytina_n@mail.ru*
[2] Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН
299011 г. Севастополь, площадь Нахимова, 2

Поступила в редакцию 11.09.2023

Впервые в Черном море изучен видовой состав грибов на целлюлозосодержащих субстратах в пелагиали станций, расположеных вдоль береговой линии, и в глубоководных районах черноморского сектора полуострова Крым и Абхазии. Проведен сравнительный анализ таксономической структуры микокомплексов на древесине исследованных акваторий и береговой зоны разных районов Черного моря. Отбор фрагментов древесного плавника был выполнен во время пяти рейсов научно-исследовательского судна "Профессор Водяницкий" в период биологических лета (температура воды 19.8–26.3ºС) и осени (температура воды 10.1–14.4ºС) 2016–2017 гг. Исследования проведены на 45 станциях, обработано 562 субстрата. Идентифицировано 23 вида грибов из отдела Ascomycota и 1 вид из отдела Basidiomycota, 3 вида грибов объединили в группу неопределенных (Fungi spp.). В видовом составе преобладали облигатно морские грибы (19). Наибольшая частота встречаемости отмечена для широко распространенных в Черном море и Мировом океане видов: *Ceriosporopsis halima* (55.6%), *Corollospora maritima* (51.1%), *Halosphaeriopsis mediosetigera* (51.1%) и *Corollospora trifurcata* (48.9%). Также обнаружены микромицеты, встречающиеся и в наземных экосистемах *Alternaria alternata*, *A. chlamydospora*, *A. tenuissima*, *Chaetomium* sp., *Stachybotrys chartarum* и другие. Летом выявлен 21 вид, осенью – 20, сходство видового состава грибов по сезонам соответствовало 82.9% (17 общих видов) (коэффициент Брей-Кетриса). В исследуемом районе видовая структура микокомплексов на станциях, расположенных вдоль береговой линии и мористее имела высокий коэффициент сходства 88.4% (19 общих видов, число видов 20 и 23, соответственно). Сходство микокомплексов открытой части моря и береговой зоны северо-западной части Черного моря равно 45.8 (общие 19 видов), открытой части моря и береговой зоны Крыма – 69.0% (общие 20 видов).

Ключевые слова: лигнофильные грибы, облигатно и факультативно морские грибы, древесный плавник.

DOI: 10.47021/0320-3557-2023-28-39

ВВЕДЕНИЕ

В основном, разложение мертвой древесины происходит в наземных условиях и осуществляется наземными комплексами грибов. Когда древесные субстраты попадают в морскую среду, происходит резкое изменение окружающей среды, но многие виды, известные в наземных условиях часто выделяют из морских субстратов [Смирнова, 2010 (Smirnova, 2010); Бубнова, 2014 (Bubnova, 2014); Kopytina, Bocharova, 2022]. Современное определение "морской гриб" – это любой микромицет, многократно выделенный из морских экосистем, потому что: 1) гриб может расти и/или образовывать споры в морской среде; 2) способен формировать симбиотические связи с другими морскими организмами; или 3) есть доказательства его способности к адаптации к морской среде [Pang et al., 2016]. Лигнофильные грибы вызывают мягкую гниль древесины (термин "мягкая гниль" означает разложение погруженных в воду, одревеснев-ших частей растения до мягкого состояния под воздействием грибов и бактерий). Весь жизненный цикл лигнофильных грибов происходит в морской среде (облигатно морские грибы или "sensu strictu"), в эту экологическую группу входят многие представители семейств Halosphaeriaceae, Torpedosporales и Lulworthiales (Ascomycota). Аскоспоры данных видов часто снабжены отростками или студенистыми оболочками, с их помощью споры парят в воде, концентрируются в пене и прикрепляться к субстрату [Kohlmeyer, Kohlmeyer, 1979; Jones et al., 2009, 2015; Overy et al., 2019]. Факультативно морские грибы (или вездесущие) обитают в пресной воде, наземной среде, но способны к росту в соленой воде и их часто выделяют из морских экосистем [Kohlmeyer, Kohlmeyer, 1979; Jones et al., 2015]. Подразделение грибов на две экологические группы еще сохраняется в морской микологии, чтобы подчеркнуть особенности таксона [Overy et al., 2014; Rämä et al., 2016]. Разделение грибов на облигатные и факультативные зависит от мнения специалиста [Jones et al., 2015]. Метод секвенирования ДНК, амплифицированной из образцов окружающей среды, позволяет выявлять редкие виды и некультивируемые таксоны грибов. В Северной Атлантике было проведено секвенирование ДНК гри-

бов из древесного плавника, которое показало, что 53% из 123 оперативно таксономических единиц с идентификацией на уровне рода относилась к видам “sensu strictu”, а 47% – к вездесущим [Rämä et al., 2016].

Грибы “sensu strictu” являются хорошей приманкой для привлечения и развития популяций всеядных и микотрофных (питающихся грибами) нематод [Meyers, Hopper, 1967; Копытина, Сергеева, 2023 (Kopytina, Sergeeva, 2023)]; способны разлагать серу, фенол [Андриенко и др., 1993 (Andrienko et al.,1993)], углеводороды [Garzoli et al., 2015]; вырабатывают метаболиты, которые обладают противовоспалительными, антиоксидантными, антибактериальными, противогрибковыми свойствами [Overy et al., 2014; Hong et al., 2015; Abraúl et al., 2023].

Древесина быстро заселяется грибами, поэтому ее часто используют в качестве естественной “приманки” для изучения лигнофильных грибов в природных и лабораторных исследованиях [Kohlmeyer, Kohlmeyer, 1979; Jones, 2010; Overy et al., 2019]. Большое количество работ посвящено изучению грибов на плавнике, который собирали вдоль береговой линии различных районов Мирового океана [Khan, Manimohan 2011; Garzoli et al., 2015; Abdel-Wahab et al., 2017; Tibell et al, 2020] и Черного моря [Багрий-Шахматова, 1989, 1991 (Bagriy-Shakhmatova, 1989, 1991); Андрієнко, Копитіна, 1995 (Andrienko, Kopytina, 1995); Дудка, Копытина, 2007 (Dudka, Kopytina, 2007); Копытина, 2008 (Kopytina, 2008); Копытина, Бубнова, 2011 (Kopytina, Bubnova, 2011)].

В данной работе мы впервые сообщаем о видовом составе микромицетов на древесных субстратах, выловленных непосредственно в открытых районах Черного моря.

Цель данной работы – изучить видовой состав грибов на целлюлозосодержащих субстратах в пелагиали прибрежных и глубоководных районов черноморского сектора полуострова Крым и Абхазии. Провести сравнительный анализ таксономической структуры микокомплексов на древесине исследованных акваторий и береговой зоны разных районов Черного моря.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Отбор фрагментов древесного плавника для выполнения микологических исследований был осуществлен во время рейсов №№ 87, 88, 95, 98, 101 научно-исследовательского судна “Профессор Водяницкий”, владелец Федеральный исследовательский центр “Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН”, г. Севастополь. Рейсы выполнены в пелагиали прибрежных и глубоководных районов черноморского сектора полуострова Крым. В рейсе № 88 были отобраны пробы на 3-х станциях напротив побережья Абхазии (рис. 1). В двух рейсах координаты четырех станций отбора проб совпадали, исследования проведены на 45 станциях. Сбор фрагментов плавника с поверхности моря выполнен с помощью устройства для ловли мелких предметов, плавающих на поверхности воды [Копытина, 2019 (Kopytina, 2019)].

Фрагменты древесины, выловленные на одной станции, считали пробой. Количество целлюлозосодержащих субстратов в пробах изменялось от 3 до 25, всего 562. Плавник выдерживали на воздухе в течение 30–40 мин для того, чтобы обитающие на/в нем беспозвоночные животные выползли или погибли. Затем древесину промывали в стерильной морской воде и помещали в стерильные пластиковые емкости объемом 200 мл с крышками, в которые наливали 15–20 мл стерильной морской воды. Материал инкубировали при комнатной температуре в условиях естественного освещения. Экспозиция древесины длилась 4–12 мес. Материал периодически просматривали, чтобы проверить стадии формирования плодовых структур микромицетов. Для идентификации грибов использовали работы J. Kohlmeyer and E. Kohlmeyer [1979], K.D. Hyde, V.V. Sarma [2000], E.B.G. Jones et al. [2009].

В данную работу также включили результаты обработки единичных проб, взятых в прибрежной зоне Турции (Трабзон, ноябрь 2016 г.), Грузии (пос. Уреки, июнь 2015 г.), России (Геленджик, Голубая бухта, май 2016 г.), для выполнения более корректного сравнения видового состава микромицетов открытых вод с различными прибрежными регионами моря.

Исследование микобиоты плавника проведено в летне-раннеосенний период (температура воды составляла 19.8–26.3°C). Данный период в Черном море соответствует биологическому сезону “лето” (июнь–сентябрь), а также в осенне-раннезимний (температура воды 10.1–14.4ºC), соответствует биологической “осени” (октябрь–декабрь) [Усачев, 1947 (Usachyov, 1947)].

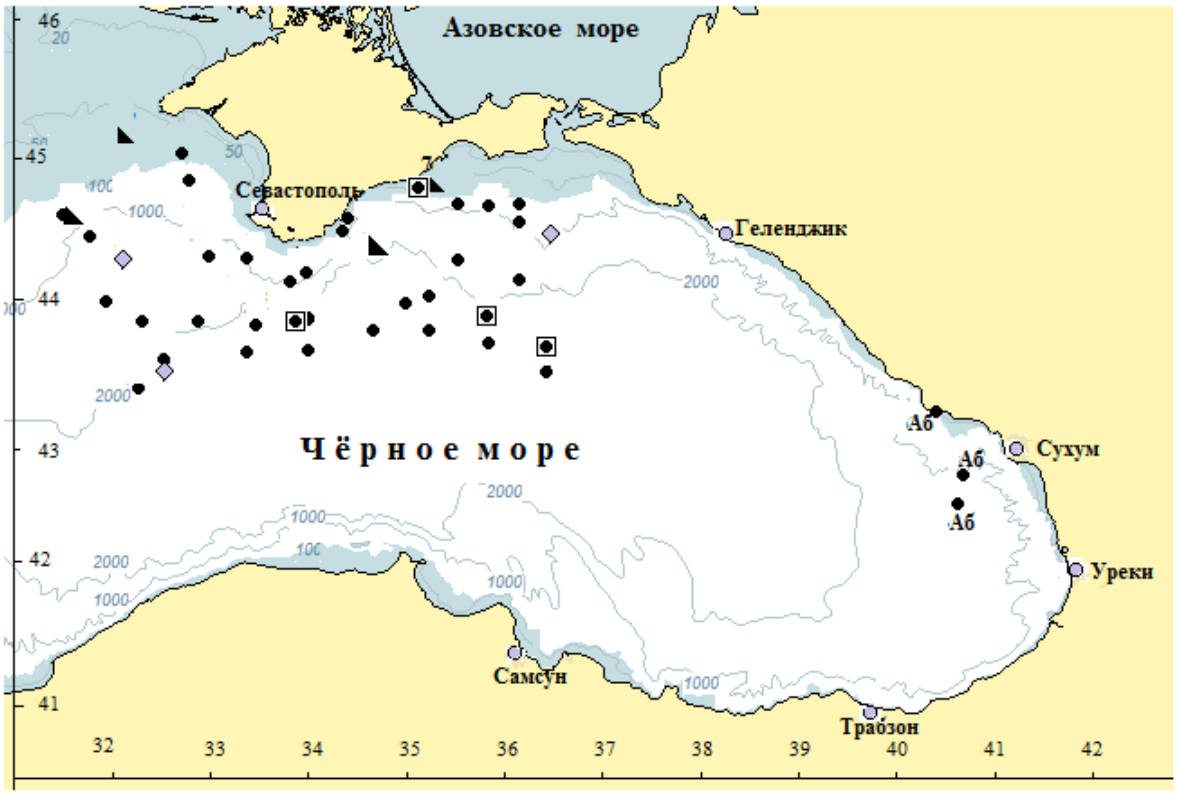

Рис. 1. Карта-схема станций отбора проб в рейсах НИС “Профессор Водяницкий”:
◙ – станции, выполненные в рейсе № 87 (30 июня–19 июля 2016 г.); Аб – станции, выполненные в рейсе № 88 (19–26 сентября 2016 г.); ● – станции, выполненные в рейсе № 95 (14 июня–4 июля 2017 г.); ◣ – станции, выполненные в рейсе № 98 (14–28 ноября 2017 г.); ◈ – станции, выполненные в рейсе № 101 (14–28 декабря 2017 г.).

Fig. 1. A schematic map of sampling stations during the cruises of the R/V “Professor Vodyanitskiy”:
◙ – stations surveyed during cruise 87 (June 30–July 19, 2016); Ab, stations surveyed during cruise № 88 (September 19–26, 2016); ● – stations surveyed during cruise № 95 (June 14–July 4, 2017); ◣ – stations surveyed during cruise № 98 (November 14–28, 2017); ◈ – stations surveyed during cruise № 101 (December 14–28, 2017).

Таблица 1. Даты исследования, показатели параметров воды (T°C и S‰), количество станций отбора проб в рейсах НИС “Профессор Водяницкий”

Table 1. Dates of the study, values of abiotic parameters (T°C and S‰), the number of sampling stations in the cruises of the R/V “Professor Vodyanitskiy”

Параметр Parameter	Номер рейса / Cruises number				
	№ 87	№ 88	№ 95	№ 98	№ 101
Дата The date	30.06–19.07.16	19.09–26.09.16	14.06–04.07.17	14.11–28.11.17	14.12–28.12.17
Температура, °C Temperature, °C	23.7–26.3	21.8–25.0	19.8–25.3	11.9–14.4	10.1–12.2
Соленость, S‰ Salinity, S‰	17.7–18.2	17.5–18.3	17.7–18.6	18.2–18.5	18.3–18.5
Число проб Number samples	4	3	31	4	3

Частоту встречаемости видов грибов вычисляли исходя из количества станций (45). Сходство видового состава грибов (наличие/отсутствие вида) в микокомплексах определяли по коэффициенту Брея-Кертиса (пакет статистических программ PRIMER® 5.2.8., функция Similarity) [Clarke et al., 2014]. Микокомплекс – объединение всех грибов в одном месте обитания. Экологический анализ данных включает структурные показатели: видовой состав, число видов в пробах и их частоту встречаемости.

Карты-схемы выполнены с применением графических программ Hydro 5 [Белокопытов, 2007 (Belokopytov, 2007)] и Surfer 12.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Идентифицированы 24 вида грибов, 19 родов, 8 семейств, 8 порядков, 4 классов из отдела Ascomycota и 1 вид из отдела Basidiomycota, а также группа неидентифицированных видов грибов Fungi spp. (3 вида). В видовом составе преобладали облигатно морские грибы (19). В таблице 2 указаны районы Черного моря, в которых ранее были обнаружены данные виды грибов. Северо-западная часть Черного моря (СЗЧМ) – обширный мелководный район, находящийся к западу от линии, соединяющей мыс Тарханкут (Крым) с мысом Калиакра (Болгария), в работе под СЗЧМ мы подразумеваем только украинский сектор моря после присоединения Крыма к России. В работе J. Kohlmeyer и E. Kohlmeyer [1979] указано, что вид обнаружен в прибрежной зоне СССР – в то время участок побережья протяженностью от Турции до Румынии. В современный период этот участок побережья четырех стран: Грузии, Абхазии, России и Украины.

Таблица 2. Видовой состав и частота встречаемости видов грибов, обнаруженных на фрагментах древесины в открытых районах Черного моря в рейсах НИС “Профессор Водяницкий” №№ 87, 88, 95, 98, 101

Table 2. Species composition and frequency of occurrence of fungal species found on wood fragments in open areas of the Black Sea during the cruises of the R/V “Professor Vodyanitskiy” nos. 87, 88, 95, 98, 101

Вид Species	Частота встречаемости, % Frequency of occurrence, %	Распространение видов грибов в Черном море (авторы) Distribution of fungal species in the Black Sea (authors)
Отдел Ascomycota, порядок Pleosporales, семейство Pleosporaceae Phylum Ascomycota, order Pleosporales, families Pleosporaceae		
Alternaria alternata (Fr.) Keissl. 1912	8.9	Крым [Артемчук, 1981 (Artemchuk, 1981)]; Румыния [Âpas, Hulea, 1998]; СЗЧМ [Копытина, 2008 (Kopytina, 2008)]; Болгария [Smolyanyuk, Bilanenko, 2011], Кавказское побережье, Геленджик (Россия) [Бубнова, 2014 (Bubnova, 2014)]; Турция, Грузия (эта работа)
Alternaria chartarum Preuss 1851	6.7	Открытая часть моря [Zaitsev, Polikarpov, 2008]
Alternaria tenuissima (Kunze) Wiltshire 1933	6.7	Крым [Артемчук, 1981 (Artemchuk, 1981)]; Румыния [Âpas, Hulea, 1998]; СЗЧМ [Копытина, 2008 (Kopytina, 2008)]; Турция [Zaitsev et al., 2010]; Болгария [Smolyanyuk, Bilanenko, 2011], Кавказское побережье, Грузия (эта работа)
*Paradendryphiella arenariae** (Nicot) Woudenb. & Crous 2013	6.7	СССР [Kohlmeyer, Kohlmeyer, 1979]; СЗЧМ [Копытина, 2008 (Kopytina, 2008)], Кавказское побережье, Геленджик (Россия) [Бубнова, 2014 (Bubnova, 2014)]; Крым [Копытина, 2018б (Kopytina, 2018b)]
Семейство Incertae sedis Families Incertae sedis		
*Clavariopsis bulbosa** Anastasiou 1962	13.3	Крым, Кавказское побережье, Абхазия (эта работа)
Порядок Microascales, семейство Halosphaeriaceae Order Microascales, families Halosphaeriaceae		
*Ceriosporopsis halima** Linder 1944	55.6	СССР, Болгария [Kohlmeyer, Kohlmeyer, 1979]; Румыния [Âpas, Hulea, 1998]; СЗЧМ [Багрій-Шахматова, 1983 (Bagriy-Shakhmatova, 1983)], Крым [Копытина, 2018б (Kopytina, 2018b)]; Турция [Zaitsev et al., 2010]; Кавказское побережье, Грузия, Абхазия, (эта работа)
*Cirrenalia basiminuta** Raghuk. & Zainal 1988	13.3	СЗЧМ [Дудка, Копытина, 2007 (Dudka, Kopytina, 2007)]; Крым [Копытина, 2018б (Kopytina, 2018b)]; Абхазия (эта работа)
*Cirrenalia macrocephala** (Kohlm.) Meyers & R.T. Moore 1960	11.1	СЗЧМ [Зелезинская, 1980 (Zelezinskaya, 1980)]; Крым [Копытина, 2018б (Kopytina, 2018b)]
*Corollospora maritima** Werderm. 1922	51.1	Болгария [Kohlmeyer, Kohlmeyer, 1979]; СЗЧМ [Зелезинская, Никитина, 1977 (Zelezinskaya, Nikitina, 1977; Багрий-Шахматова, 1985 (Bagriy-Shakhmatova, 1985)] Турция [Zaitsev et al., 2010], Крым [Копытина, 2018б (Kopytina, 2018b)]; Кавказское побережье, Грузия, Абхазия Геленджик (Россия) (эта работа)

Вид Species	Частота встречаемости, % Frequency of occurrence, %	Распространение видов грибов в Черном море (авторы) Distribution of fungal species in the Black Sea (authors)
*C. trifurcata** (Höhnk) Kohlm. 1962	48.9	СССР, Болгария [Kohlmeyer, Kohlmeyer, 1979]; СЗЧМ [Зелезинская, Никитина, 1977 (Zelezinskaya, Nikitina, 1977; Зелезінська, 1979а (Zelezinskaya, 1979a); Багрий-Шахматова, 1985 (Bagriy-Shakhmatova, 1985)]; Турция [Zaitsev et al., 2010]; Крым [Копытина, 2018б (Kopytina, 2018b)]; Кавказское побережье, Геленджик (Россия), Грузия, Абхазия (эта работа)
*Halosphaeria appendiculata** Linder 1944	6.7	СССР [Kohlmeyer, Kohlmeyer, 1979]; СЗЧМ [Зелезинская, Никитина, 1977 (Zelezinskaya, Nikitina, 1977); Зелезінська, 1979б (Zelezinska, 1979б)]; Крым [Копытина, 2018б (Kopytina, 2018b)]
*Halosphaeria quadri-remis** (Höhnk) Kohlm. 1972	6.7	СЗЧМ [Зелезинская, Никитина, 1977 (Zelezinskaya, Nikitina, 1977)]; Крым [Копытина, 2018б (Kopytina, 2018b)]
*Halosphaeriopsis mediosetigera**(Cribb & J.W. Cribb) T.W. Johnson 1958	51.1	СССР, Румыния, Болгария [Kohlmeyer, Kohlmeyer, 1979]; СЗЧМ [Зелезінська, 1979б (Zelezinska, 1979б)]; Турция [Zaitsev et al., 2010]; Крым [Копытина, 2018б (Kopytina, 2018b)]; Кавказское побережье, Грузия, Абхазия, Геленджик (Россия) (эта работа)
*Remispora maritina** Linder 1944	17.8	СЗЧМ [Багрій-Шахматова, 1989 (Bagriy-Shakhmatova, 1989)]; Крым [Копытина, 2018б (Kopytina, 2018b)]; Кавказское побережье, Грузия, Абхазия (эта работа)
Порядок Lulworthiales, семейство Lulworthiaceae Order Lulworthiales, families Lulworthiaceae		
*Lulworthia grandispora** Meyers 1957	2.2	СЗЧМ [Копытина, 2008 (Kopytina, 2008)]; Кавказское побережье, Абхазия (эта работа)
*Zalerion maritimum** (Linder) Anastasiou 1963	6.7	Румыния [Âpas, Hulea, 1998]; СЗЧМ [Копытина, 2008 (Kopytina, 2008)]; Крым [Копытина, 2018б (Kopytina, 2018b)]
Порядок Hypocreales, семейство Incertae sedis Order Hypocreales, families Incertae sedis		
*Emericellopsis maritima** Beliakova 1970	2,2	Крым [Белякова, 1970 (Belyakova, 1970)]; Артемчук, 1981 (Artemchuk, 1981)]
Семейство Stachybotryaceae Families Stachybotryaceae		
Stachybotrys chartarum (Ehrenb.) S. Hughes 1958	4.4	Крым [Артемчук, 1981 (Artemchuk, 1981); Смирнова, 2010 (Smirnova, 2010)]; СЗЧМ [Копытина, 2008 (Kopytina, 2008)]; Болгария [Smolyanyuk, Bilanenko, 2011], Кавказское побережье, Геленджик (Россия) [Бубнова, 2014 (Bubnova, 2014)]
Порядок Torpedosporales, семейство Torpedosporaceae Order Torpedosporales, families Torpedosporaceae		
*Torpedospora radiata** Meyers 1957	2.2	Крым [Копытина, 2018б (Kopytina, 2018b)]
Порядок Sordariales, семейство Chaetomiaceae Order Sordariales, families Chaetomiaceae		
Chaetomium sp.	4.4	СЗЧМ [Зелезинская, Никитина, 1977 (Zelezinskaya, Nikitina, 1977)]; Румыния [Âpas, Hulea, 1998]
Порядок Incertae sedis, семейство Incertae sedis Order Incertae sedis, families Incertae sedis		
*Crinigera maritima** I. Schmidt 1985	4.4	Грузия [Багрий-Шахматова, 1991 (Bagriy-Shakhmatova, 1991)]; Крым, Кавказское побережье, Абхазия (эта работа)
*Cumulospora marina** I. Schmidt 1985	8.9	СЗЧМ (Дудка, Копытина 2007 (Dudka, Kopytina, 2007)]; Крым [Копытина, 2018б (Kopytina, 2018b)]; Кавказское побережье, Абхазия (эта работа)
*Piricauda pelagica** T. Johnson 1958	6.7	СССР [Kohlmeyer, Kohlmeyer, 1979]; СЗЧМ (Багрий-Шахматова, 1991 (Bagriy-Shakhmatova, 1979)]; Крым [Копытина, 2018б (Kopytina, 2018b)]; Кавказское побережье, Гелинджик (Россия) (эта работа)

Вид Species	Частота встречаемости, % Frequency of occurrence, %	Распространение видов грибов в Черном море (авторы) Distribution of fungal species in the Black Sea (authors)
Отдел Basidiomycota, порядок Agaricales, семейство Niaceae Phylum Basidiomycota, order Agaricales, families Niaceae		
*Nia vibrissa** R.T. Moore & Meyers 1961	4.4	СЗЧМ [Зелезінська, 1979а (Zelezinska, 1979a)]; Крым [Копытина, 2018б (Kopytina, 2018b)]
Неидентифицированные виды Unidentified species		
Fungi spp.	8.9	

Примечание. "*" – облигатно морские виды грибов ("sensu strictu") [Kohlmeyer, Kohlmeyer, 1979; Jones et al., 2009].

Note. "*" – species obligatory marine fungi (("sensu strictu").

По станциям число видов варьировало от 1 до 10, что, прежде всего, зависело от количества выловленных фрагментов древесины. Количество видов микромицетов в рейсах изменялось от 7 (рейс № 92) до 19 (рейс № 95), а сходство видового состава – от 42.1 (рейсы № 88 и 98, число видов грибов 12 и 7, соответственно, три из которых общие) до 66.7% (рейсы № 87 и 98, число видов – 9 и 12, соответственно, 6 общие). Некоторые виды микромицетов были обнаружены только в одном рейсе: *Alternaria tenuissima*, *Emericellopsis maritima* и *Halosphaeria appendiculata* – в рейсе № 95, а *Torpedospora radiata* – в рейсе № 101.

Летом обнаружены 21 вид, осенью – 20, сходство видового состава микокомплексов соответствовало 82.9% (17 общих видов). Только летом обнаружены виды *Alternaria tenuissima*, *Emericellopsis maritima*, *Halosphaeria appendiculata*, *Zalerion maritimum*, а осенью – *Cumulospora marina*, *Lulworthia grandispora* и *Torpedospora radiata*.

Видовая структура микокомплексов на станциях, расположенных вдоль береговой линии и мористее, имела высокий коэффициент сходства 88.4% (19 общих видов, число видов 20 и 23, соответственно). Только на станциях, расположенных вдоль берега, присутствовали виды *Halosphaeria appendiculata*, *Lulworthia grandispora*, а в открытой части моря – *Alternaria tenuissima*, *Emericellopsis maritima*, *Piricauda pelagica*, *Torpedospora radiata*.

Наибольшая частота встречаемости отмечена для широко распространенных в Черном море и Мировом океане видов грибов из группы "sensu strictu": *Ceriosporopsis halima* (55.6%), *Corollospora maritima* (51.1%), *Halosphaeriopsis mediosetigera* (совместно с ее анаморфной формой *Trichocladium achrasporum* (Meyers & R.T. Moore) M. Dixon ex Shearer & J.L. Crane) (51.1%) и *C. trifurcata* (48.9%). Совместная встречаемость видов в пробах *C. halima* и *C. maritima* – 54.2%; *C. halima* и *C. trifurcata* – 51.1%; *C. halima* и *H. mediosetigera* – 50.0%; *C. maritima* и *C. trifurcata* – 62.2%; *C. maritima* и *H. mediosetigera* – 47.8%.

На рисунке 2 представлено пространственное распределение доминирующих видов в исследуемой акватории, на четырех станциях эти таксоны отмечены одновременно. Вездесущные грибы обнаружены на 13 станциях, расположенных вдоль берега и удаленных от него.

К особенностям видового состава грибов, выявленных в открытой части моря, следует отнести обнаружение вида *Clavariopsis bulbosa* в трех рейсах, преимущественно в западной части моря. Этот вид в прибрежных районах СЗЧМ встречается крайне редко (неопубликованные данные авторов), для акваторий Крыма и Абхазии указывается впервые.

Вид *Emericellopsis maritima* выделен на разлагающихся листьях морской травы *Zostera marina*, выловленной в районе мыса Тарханкут. Этот вид был обнаружен в 1964 г. в воде литоральной зоны моря недалеко от г. Севастополя и описан как новый для науки, имеет конидиальное спороношение типа *Acremonium* sp. [Белякова, 1970 (Belyakova, 1970)]. На древесине, извлеченной из моря, часто встречаются представители рода *Acremonium* [Jones et al., 2009]. По-видимому, этот микромицет в лабораторных условиях развивается преимущественно в анаморфной стадии. Н.Я. Артемчук [1981 (Artemchuk, 1981)], также указывает этот вид в донных отложениях бухт г. Севастополя. В СЗЧМ обнаружен 1 раз (неопубликованные данные авторов).

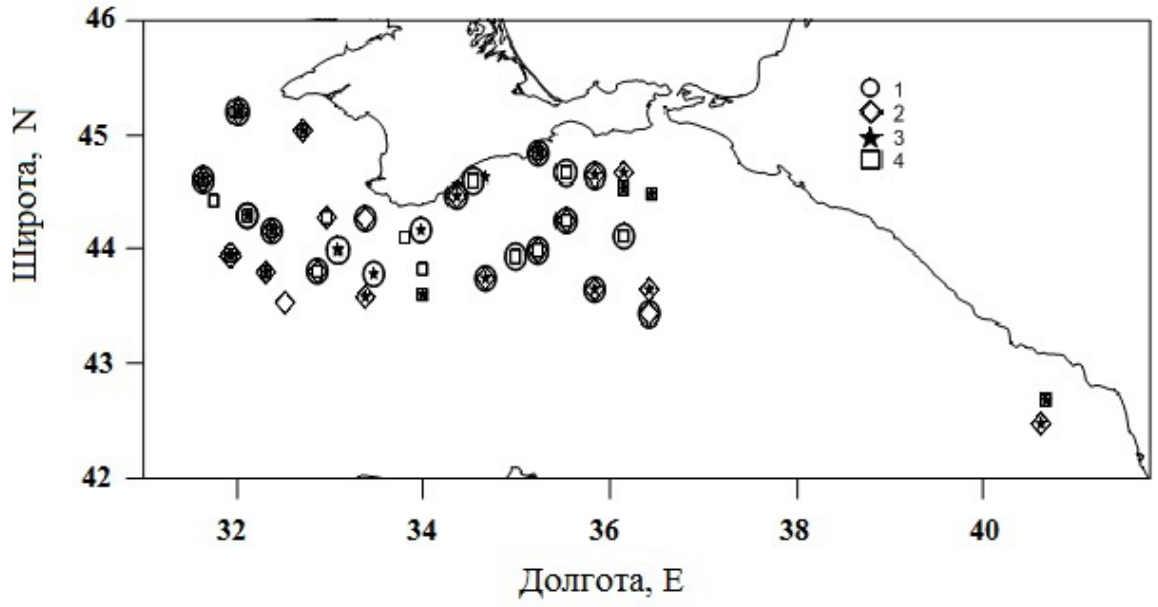

Рис. 2. Пространственное распространение доминирующих видов грибов в исследованной акватории Черного моря: 1 – *Ceriosporopsis halima*, 2 – *Corollospora maritima*, 3 – *C. trifurcata*, 4 – *Halosphaeriopsis mediosetigera*.

Fig. 2. Spatial distribution of dominant fungal species in the study area of the Black Sea: 1 – *Ceriosporopsis halima*, 2 – *Corollospora maritima*, 3 – *C. trifurcata*, 4 – *Halosphaeriopsis mediosetigera*.

ОБСУЖДЕНИЕ

В Черном море на целлюлозосодержащих субстратах известно 72 вида грибов, на побережье СЗЧМ (Украина) – 58 [Багрий-Шахматова, 1989, 1991 (Bagriy-Shakhmatova, 1989, 1991); Андрієнко, Копитіна, 1995 (Andrienko, Kopytina, 1995); Дудка, Копытина, 2007 (Dudka, Kopytina, 2007); Копытина, 2008 (Kopytina, 2008); Копытина, Бубнова, 2011 (Kopytina, Bubnova, 2011), Крыма – 34 [Копытина, 2018а, 2018б (Kopytina, 2018a, 2018б)]. Сведения о микобиоте побережий Турции, Грузии, Румынии, Болгарии малочисленны [Багрий-Шахматова 1991 (Bagriy-Shakhmatova, 1991); Kohlmeyer, Kohlmeyer, 1979; Âpas, Hulea, 1998; Zaitsev et al., 2010], Абхазии – отсутствуют. Учитывая результаты, изложенные в данной работе, число видов на древесине в прибрежной зоне черноморских стран меняется от 7 (Грузия, Румыния) до 58 (Украина). Сходство видового состава микокомплексов на плавнике в открытой части моря и прибрежья СЗЧМ равно 48.2 (общие 19 видов), открытой части моря и прибрежья полуострова Крым – 72.4% (общие 21 вид). В свою очередь, сходство микокомплексов береговых зон СЗЧМ и полуострова Крым составляет 87.5%.

Во всех, даже мало исследуемых регионах моря, известны виды облигатно морских грибов из семейства Halosphaeriaceae: *Ceriosporopsis halima*, *Corollospora maritima*, *C. trifurcata*, *Halosphaeriopsis mediosetigera*, которые доминировали на древесном плавнике, собранном в открытом море. Результаты обработки единичных проб древесины, взятых на побережье Турции, Грузии и Геленджика, еще раз подтверждают широкое распространение данных видов в Черном море.

Наземные грибы из родов *Alternaria*, *Chaetomium*, *Stemphylium* часто встречаются на древесине. Вид *Stachybotrys chartarum*, как правило, выделяют из воды и донных отложений [Смирнова, 2010 (Smirnova, 2010); Бубнова, 2014 (Bubnova, 2014)].

Безусловно, перенос древесины, а вместе с ней и грибов, осуществляется течениями. В изучаемой акватории в периоды исследований преобладали течения западного направления, которые являются проявлением “основного черноморского течения” (ОЧТ), оно распространяется по всему периметру моря и направлено против часовой стрелки, в центральной части сворачивается в два вихревых потока, именуемых кольцами (“Очки Книповича”).

Наибольшее число проб плавника взято в рейсе № 95, в этот период циркуляция вод была представлена потоками преимущественно западного направления (ОЧТ). Также были зафиксированы антициклоны: севастопольский, крымский (на траверсе Феодосийского залива) и два циклонических круговорота с течениями восточного направления над глубоководной частью моря [Артамонов и др., 2019 (Artamonov et al., 2019)].

Следовательно, структура течений способствовала перемещению воды, а вместе с ней и дрейфующих предметов в западном (ОЧТ) и восточном направлениях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В открытой акватории Черного моря идентифицированы 24 вида грибов. Из 19 родов, 8 семейств, 8 порядков, 4 классов отделов Ascomycota и Basidiomycota (1 вид). В видовом составе преобладали облигатно морские грибы (19). Исследование микобиоты плавника проведено в периоды биологических лета и осени. Летом обнаружены 21 вид, осенью – 20, сходство видового состава микокомплексов соответствовало 82.9% (17 общих видов). Выявлены сезонные особенности видового состава микромицетов: только летом обнаружены виды *Alternaria tenuissima*, *Emericellopsis maritima*, *Halosphaeria appendiculata*, *Lulworthia grandispora*, *Zalerion maritimum,* только осенью – *Cumulospora marina* и *Torpedospora radiata*. Видовая структура микокомплексов на мористых и вдоль береговой линии станциях имела высокий коэффициент сходства 88.4% (19 общих видов, число видов 20 и 23, соответственно). Наибольшая частота встречаемости отмечена для широко распространенных в Черном море и Мировом океане видов грибов из группы “sensu strictu”: *Ceriosporopsis halima* (55.6%), *Corollospora maritima* (51.1%), *Halosphaeriopsis mediosetigera* (совместно с ее анаморфной формой *Trichocladium achrasporum* (51.1%)) и *Corollospora trifurcata* (48.9%). Сходство видового состава микокомплексов на плавнике в открытой части моря и береговой зоны СЗЧМ равно 45.8 (общие 19 видов), открытой части моря и береговой зоны Крыма – 69.0% (общие 20 видов). Получена дополнительная информация о видовом составе грибов на плавнике в прибрежной зоне Турции, Грузии, Абхазии и России (г. Геленджик). Для прибрежья Абхазии и Грузии это первые данные – обнаружено 10 и 4 вида, соответственно, в районе г. Геленджик также впервые отмечено 3 вида. Структура течений Черного моря способствует перемещению воды, а вместе с ней и дрейфующих предметов преимущественно в западном (ОЧТ) направлении. Высокое видовое разнообразие грибов в прибрежных районах СЗЧМ можно объяснить большим числом исследований, а также влиянием стока крупных рек – Днепр, Южный Буг, Ингул, Днестр, Дунай, с водами, которых в море поступает большое количество целлюлозосодержащих субстратов.

БЛАГОДАРНОСТИ

Выражаем сердечную благодарность капитану НИС “Профессор Водяницкий” В. Г. Тынинике, экипажу судна, научным руководителям рейсов, сотрудникам Морского гидрофизического института РАН, д.г.н. Ю.В. Артамонову и к.г.н. А.В. Гармашову, а также Н. А. Моисееву за отбор проб в районе Абхазии.

Исследование микромицетов выполнены за счет государственных заданий: Института биологии внутренних вод РАН “Роль прокариотных и эукариотных микроорганизмов и вирусов в структуре и функционировании водных экосистем”, № 121051100102-2 и ФИЦ Института биологии южных морей РАН “Исследование механизмов управления продукционными процессами в биотехнологических комплексах с целью разработки научных основ получения биологически активных веществ и технических продуктов морского генезиса”, № 121030300149-0.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Андриенко А.А., Севастьянов О.В., Романовская И.И., Давиденко Т.И. Биотрансформация фенола и серы высшим облигатно морским грибом *Corollospora maritima* Werdermann // Доклады Академии Наук Украины. 1993. № 4. С. 135–138.

Андрієнко А.А., Копитіна Н.І. Нові для Чорного моря види морських аскоміцетів // Український ботанічний журнал. 1995, Т. 52, № 6. С. 824–828.

Артамонов Ю.В., Федирко А.В., Скрипалева Е.А., Шутов С.А., Дерюшкин Д.В., Колмак Р.В., Завьялов Д.Д., Шаповалов Р.О., Шаповалов Ю.И., Щербаченко С.В. Структура вод в зоне основного черноморского течения весной и летом 2017 г. (94-й, 95-й рейсы НИС “Профессор Водяницкий”) // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2019. вып. 1. С. 16–28. doi: 10.22449/2413-5577-2019-1-16-28.

Артемчук Н.Я. Микофлора морей СССР. М.: Наука, 1981. 190 с.

Багрий-Шахматова Л.М. Нові для флори Чорного моря види морських грибів // Український ботанічний журнал. 1983. Т. 40, № 4. С. 21–24.

Багрий-Шахматова Л.М. Высшие морские грибы рода в прибрежной зоне северо-западной части Черного моря // Гидробиологический журнал. 1985, Т. 21, № 2. С. 39–41.

Багрий-Шахматова Л.М. Нові для мікобіоти УРСР види вищих морських грибів // Український ботанічний журнал. 1989. Т. 46, № 2. С. 60–63.

Багрій-Шахматова Л. М. Нові для Чорного моря види *Corollospora* облігатно морських вищих грибів // Український ботанічний журнал. 1991. Т. 48, № 4. С. 59–65.

Белокопытов В.Н. Программа Гидролог 5 // МГИ НАНУ, Севастополь, 2007. Версия 5.0.28.

Белякова Л.А. Новый вид рода *Emericellopsis* (Eurotiaceae) // Микология и фитопатология. 1970. Т. 4, Вып. 6. С. 530–531.

Бубнова Е.Н. Грибы прибрежной зоны Черного моря в районе Голубой бухты (восточное побережье, окрестности г. Геленджика) // Микология и фитопатология. 2014. Т. 48, Вып. 1. С. 20–30.

Дудка И.А., Копытина Н.И. Новые для Черного моря виды морских гифомицетов из рода *Cumulospora* // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. 2007. Вып. 15. С. 575–580.

Зелезінська Л.М. Нові для мікофлори СРСР види морських аскоміцетів // Український ботанічний журнал. 1979а. Т. 36, № 1. С. 38–43.

Зелезінська Л.М. Знахідки морського базидіоміцети *Nia vibrissa* Moore et Meyers в північно-західній частині Чорного моря // Український ботанічний журнал. 1979б. Т. 36, № 4. С. 375–376.

Зелезинская Л.М. О микроскопических грибах прибрежных биотопов Одесского залива и некоторых лиманов // Гидробиологический журнал. 1980. Т. 15, № 1. С. 20–25.

Зелезинская Л.М., Никитина В.Б. Микологические исследования прибрежных биотопов Одесского залива // Биология моря. Киев: Наукова думка. 1977. Вып. 43. С. 43–45.

Копытина Н.И. Высшие морские грибы // Экосистема Григорьевского (Малого Аджалыкского лимана). Одесса: Астропринт, 2008. С. 16, 50–64, 239–241.

Копытина Н.И. *Corollospora intermedia* и *Nia globospora* [as 'nia globispora'] – новые для Черного моря виды морских грибов // Морской биологический журнал. 2018а. Т. 3, № 1. С. 46–52.

Копытина Н.И. Морская микобиота заказника “Бухта Казачья” (Крым, Черное море) // Биота и среда заповедных территорий. 2018б. № 4. С. 49–68.

Копытина Н.И. Устройство для ловли мелких предметов, плавающих на поверхности воды : пат. на полезную модель 194104 Российская Федерация. МПК E02B 15/00 (2006.01); E02B 15/10 (2006.01); патентообладатель(и) Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр “Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН” (ФИЦ ИнБЮМ); № 2019127600; заявл. 30.08.2019; опубл. 28.11.2019. Бюл. № 34.

Копытина Н.И., Бубнова Е.Н. Новые для Черного моря грибы из порядка Pleosporales // Микология и фитопатология. 2011. Т. 45, Вып. 4. С. 316–322.

Копытина Н.И., Сергеева Н.Г. Ассоциации грибов и нематод в Черном море // Труды Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН. 2023. Вып. 102(105), С. 36–46. DOI: 10.47021/0320-3557-2023-36-46.

Смирнова Л.Л. Комплексы гетеротрофных микроорганизмов прибрежного мелководья бухты Казачья (Черное море) // Морской экологический журнал. 2010. Т. 9, № 2. С. 81–88.

Усачев П.И. Общая характеристика фитопланктона морей СССР // Успехи современной биологии. М-Л.: Изд-во АН СССР.1947. Т. 23. Вып. 2. С. 265–288.

Abdel-Wahab M.A., Dayarathne M.C., Suetrong S., Guo S.Y., Alias S. A., Bahkali A. H., Nagahama T., Elgorban A.M., Abdel-Aziz F.A., Hodhod M.S., Al-Hebshi M.O., Hyde K. D., N. Nor A.B.M., Pang K.L., Jones E.B. G. New saprobic marine fungi and a new combination // Botanica Marina. 2017. Vol. 60, № 4. P. 469–488. DOI: 10.1515/bot-2016-0118.

Abraúl M., Alves A. Hilário S., Melo T., Conde T., Domingues M.R., Rey F. Evaluation of Lipid Extracts from the Marine Fungi *Emericellopsis cladophorae* and *Zalerion maritima* as a Source of Anti-Inflammatory, Antioxidant and Antibacterial Compounds // Mar. Drugs. 2023. Vol. 21, 199. DOI: 10.3390/md21040199.

Âpas M., Hulea A. Micromyceta // Analele Universitatii “Ovidius” Constanta. Seria Biologie-Ecologie. 1998. Vol. 2. P. 7–9.

Clarke K.R, Gorley R.N, Somerfield P.J, Warwickb R.M. Change In Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation. Devon, UK.: PRIMER-E Ltd., 2014. 262 p.

Garzoli L., Gnavi G., Tamma F., Tosi S., Varese G.C., Picco A.M. Sink or swim: Updated knowledge on marine fungi associated with wood substrates in the Mediterranean Sea and hints about their potential to remediate hydrocarbons // Progress in Oceanography. 2015. Vol. 137, Part A, P. 140–148. DOI: 10.1016/j.pocean.2015.05.028.

Hong J.H., Jang S., Heo Y.M., Min M., Lee H., Lee Y.M., Lee H., Kim J.J. Investigation of Marine-Derived Fungal Diversity and Their Exploitable Biological Activities // Marine drugs. 2015. Vol. 13. P. 4137–4155. DOI: 10.3390/md13074137

Hyde K.D., Sarma V.V. Pictorial key to higher marine fungi. In Marine Mycology – A Practical Approach. Hong Kong, China: Fungal Diversity Press, 2000. P. 205–270.

Jones E.B. G. Fungi // Biologia marina mediterranea. 2010. Vol. 17. P. 681–684.

Jones E.B.G., Sakayaroj J., Suetrong S., Somrithipol S., Pang K.L. Classification of marine Ascomycota, anamorphic taxa and Basidiomycota // Fungal Diversity. 2009. Vol. 35. P. 1–187.

Jones E.B.G., Suetrong S., Sakayaroj J., Bahkali A.H., Abdel-Wahab M.A., Boekhout T., Pang K.-L. Classification of marine Ascomycota, Basidiomycota, Blastocladiomycota and Chytridiomycota // Fungal Diversity. 2015. Vol. 73. P. 1–72. DOI: 10.1007/s13225-015-0339-4.

Khan S.S, Manimohan P. Diversity and abundance of marine fungi on driftwood collected from Kerala State and Lakshadweep Islands, India // Mycosphere. 2011. Vol.2, № 3. P. 223–229.

Kohlmeyer J., Kohlmeyer E. Marine Mycology. The Higher Fungi. N. Y.: Academic Press, 1979. 690 p.

Kopytina N.I., Bocharova E.A. Fouling communities of microscopic fungi on various substrates of the Black Sea // Biosystems Diversity. 2022. Vol. 29, № 4. P. 345–353. DOI: 10.15421/012144.

Meyers S.P., Hopper B.E. Studies on marine fungal-nematode associations and pant degradation // Helgoländer wissenschaftliche Meeresuntersuchungen.1967. Vol. 15. P. 270–281.

Overy D.P., Bayman P., Kerr R.G., Bills G.F. An assessment of natural product discovery from marine (sensu strictu) and marine-derived fungi // Mycology. 2014. Vol. 5, № 3. P. 145–167. DOI: 10.1080/21501203.2014.931308.

Pang K.-L., Overy D.P., Jones E.B.G., Calado M. Da. L., Burgaud G., Walker A.K., Johnson J.A., Kerr R.G., Cha H-J., Bills G.F. 'Marine fungi' and 'marine-derived fungi' in natural product chemistry research: Toward a new consensual definition // Fungal Biology Reviews. 2016. Vol. 30, Iss. 4. P. 163–175. DOI: 10.1016/j.fbr.2016.08.001

Rämä T., Davey M.L., Nordén J., Halvorsen R., Blaalid R., Mathiassen G.H., Alsos I.G., Kauserud H. Fungi Sailing the Arctic Ocean: Speciose Communities in North Atlantic Driftwood as Revealed by High-Throughput Amplicon Sequencing // Microb Ecol . 2016. Vol.72, № 2. P. 295–304. DOI: 10.1007/s00248-016-0778-9.

Smolyanyuk E.V., Bilanenko E.N. Communities of Halotolerant Micromycetes from the Areas of Natural Salinity. Microbiology. 2011. Vol. 80, № 6. P. 877–883.

Tibell S., Tibell L., Pang K.L., Calabon M., Jonesd E.B.G. Marine fungi of the Baltic Sea // Mycology. 2020. Vol. 11, № 3, P. 195–213. DOI: 10.1080/21501203.2020.1729886.

Zaitsev Y., Kopytina N., Garkusha O., Serbinova I. Preliminary Observations of the Samsun Bay Splash Zone Biodiversity // Journal of the Black Sea/Mediterranean Environment. 2010. Vol. 16, Iss. 3. P. 245–252.

Zaitsev Y.P., Polikarpov G.G. Recently Discovered New Biospheric Pelocontour Function in the Black Sea Reductive Bathyal Zone // Journal of the Black Sea/Mediterranean Environment. 2008. Vol. 14, Iss. 3. P. 151–165.

REFERENCES

Abdel-Wahab M.A., Dayarathne M.C., Suetrong S., Guo S.Y., Alias S. A., Bahkali A. H., Nagahama T., Elgorban A.M., Abdel-Aziz F.A., Hodhod M.S., Al-Hebshi M.O., Hyde K. D., N. Nor A.B.M., Pang K.L., Jones E.B. G. New saprobic marine fungi and a new combination. *Botanica Marina*, 2017, vol. 60, no. 4, pp. 469–488. doi: 10.1515/bot-2016-0118.

Abraúl M., Alves A. Hilário S., Melo T., Conde T., Domingues M.R., Rey F. Evaluation of Lipid Extracts from the Marine Fungi Emericellopsis cladophorae and Zalerion maritima as a Source of Anti-Inflammatory, Antioxidant and Antibacterial Compounds. *Mar. Drugs.*, 2023, vol. 21, 199. doi: 10.3390/md21040199.

Andrienko A.A., Kopytina N.I. Novi dlia Chornoho moria vydy morskykh askomitsetiv [New species of marine ascomycetes for the Black sea]. *Ukrainskyi botanichnyi zhurnal*, 1995, vol. 52, no. 6, pp. 824–828. (In Ukrainian)

Andrienko A.A., Sevast'yanov O.V., Romanovskaya I.I., Davidenko T.I. Biotransformatsiya fenola i seri visshim obligatno morskim gribom *Corollospora maritima* Werdermann [Biotrasformation of phenol and sulphur by higher obligatory marine fungus *Corollospora maritima* Werdermann]. Doklady Akademii nauk Ukrainy, 1993, no. 4, pp. 135–138. (In Russian)

Âpas M., Hulea A. Micromyceta. *Analele Universitatii "Ovidius" Constanta. Seria Biologie-Ecologie*, 1998, vol. 2, pp. 7–9.

Artamonov Yu.V., Fedirko A.V., Skripaleva E.A., Shutov S.A., Deryushkin D.V., Kolmak R.V., Zavyalov D.D., Shapovalov R.O., Shapovalov Yu.I., Shcherbachenko S.V. Struktura vod v zone osnovnogo chernomorskogo techeniya vesnoi i letom 2017 g. (94-i, 95-i reisi NIS "Professor Vodyanitskii") [Water structure in the area of the rim Black sea current in spring and summer 2017 (94th, 95th cruises of the R/V "Professor Vodyanitsky")]. *Ekologicheskaya bezopasnost pribrezhnoi i shelfovoi zon moray*, 2019, vol. 1. pp. 16–28. doi: 10.22449/2413-5577-2019-1-16-28. (In Russian)

Artemchuk N.Ya. Mikoflora morei SSSR. M., Nauka, 1981, 190 p. (In Russian)

Bagrii-Shakhmatova L.M. Visshie morskie gribi roda *Corollospora* v pribrezhnoi zone severo-zapadnoi chasti Chyornogo moray. *Gidrobiologicheskii zhurnal*, 1985, vol. 21, no. 2, pp. 39–41. (In Russian)

Bagriy-Shakhmatova L.M. Species of obligate marine higher fungi new for the Black sea. Ukrainskyi botanichnyi zhurnal, 1991, vol. 48, no. 4, pp. 59–65. (In Ukrainian)

Bahryi-Shakhmatova L.M. Novi dlia flory Chornoho moria vydy morskykh hrybiv. *Ukrainskyi botanichnyi zhurnal*, 1983, vol. 40, no. 4, pp. 21–24. (In Ukrainian)

Bahryi-Shakhmatova L.M. Novi dlia mikobioty URSR vydy vyshchykh morskykh hrybiv. *Ukrainskyi botanichnyi zhurnal*, 1989, vol. 46, no. 2, pp. 60–63. (In Ukrainian)

Belokopytov V.N. Programma Gidrolog 5. MGI NANU, Sevastopol, 2007. Versyia 5.0.28 (In Russian)

Belyakova L.A. Novii vid roda Emericellopsis (Eurotiaceae) [New species of the genus Emericellopsis van Beyma (Eurotiaceae)]. *Mikologiya i Fitopatologia*, 1970, vol. 4, iss. 4, pp. 530–531. (In Russian)

Bubnova E.N. Gribi pribrezhnoi zoni Chyornogo morya v raione Goluboi bukhti (vostochnoe poberezhe, okrestnosti g. Gelendzhika) [Fungi of the Blue Bay (Black Sea, Eastern coast near the town of Gelendzhik)]. *Mikologiya i Fitopatologia*, 2014, vol. 48, iss. 1, pp. 20–30. (In Russian)

Clarke K.R, Gorley R.N, Somerfield P.J, Warwick R.M. Change In Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation. Devon, UK., PRIMER-E Ltd., 2014. 262 p.

Dudka I.A., Kopytina N.I. Novie dlya Chyornogo morya vidi morskikh gifomitsetov iz roda Cumulospora [A new species marine hyphomycetes of the genus Cumulospora in the Black sea]. *Ekologicheskaya bezopasnost pribrezhnoi i shelfovoi zon i kompleksnoe ispolzovanie resursov shelfa*, 2007, iss. 15, pp. 575–580. (In Russian)

Garzoli L., Gnavi G., Tamma F., Tosi S., Varese G.C., Picco A.M. Sink or swim: Updated knowledge on marine fungi associated with wood substrates in the Mediterranean Sea and hints about their potential to remediate hydrocarbons. *Progress in Oceanography*, 2015, vol. 137, Part A, pp. 140–148. doi: 10.1016/j.pocean.2015.05.028.

Hong J.H., Jang S., Heo Y.M., Min M., Lee H., Lee Y.M., Lee H., Kim J.J. Investigation of Marine-Derived Fungal Diversity and Their Exploitable Biological Activities. *Marine drugs*, 2015, vol. 13, pp. 4137–4155. doi: 10.3390/md13074137.

Hyde K.D., Sarma V.V. Pictorial key to higher marine fungi. In Marine Mycology – A Practical Approach. Hong Kong, China, Fungal Diversity Press, 2000, pp. 205–270.

Jones E.B.G. Fungi. *Biologia marina mediterranea*, 2010, vol. 17, pp. 681–684.

Jones E.B.G., Sakayaroj J., Suetrong S., Somrithipol S., Pang K.L. Classification of marine Ascomycota, anamorphic taxa and Basidiomycota. *Fungal Diversity*, 2009, vol. 35, pp. 1–187.

Jones E.B.G., Suetrong S., Sakayaroj J., Bahkali A.H., Abdel-Wahab M.A., Boekhout T., Pang K.-L. Classification of marine Ascomycota, Basidiomycota, Blastocladiomycota and Chytridiomycota. *Fungal Diversity*, 2015, vol. 73, pp. 1–72. doi: 10.1007/s13225-015-0339-4.

Khan S.S, Manimohan P. Diversity and abundance of marine fungi on driftwood collected from Kerala State and Lakshadweep Islands, India. *Mycosphere*, 2011, vol. 2, no. 3, pp. 223–229.

Kohlmeyer J., Kohlmeyer E. Marine Mycology. The Higher Fungi. N. Y., Academic Press, 1979. 690 p.

Kopytina N.I. *Corollospora intermedia* and *Nia globospora* [as 'Nia globispora'] novie dlya Chyornogo morya vidi morskikh gribov [*Corollospora intermedia* and *Nia globospora* [as 'Nia globispora'], marine fungi new of the Black Sea]. *Morskoj biologicheskij zhurnal*, 2018a, vol. 3, no. 1, pp. 3–9. doi: 10.21072/mbj.2018.03.1.05. (In Russian)

Kopytina N.I. Morskaya mikobiota zakaznika "Bukhta Kazachya" (Krim, Chyornoe more). [Aquatic Mycobiota of the Nature Reserve (Zakaznik) "Kazachya Bay" (Black Sea, Crimea)]. *Biota i sreda zapovednikh territorii*, 2018b, no. 4, pp. 49–68. (In Russian)

Kopytina N.I. Ustroistvo dlya lovli melkikh predmetov, plavayushchikh na poverkhnosti vodi : pat. na poleznuyu model 194104 Rossiiskaya Federatsiya. MPK E02B 15/00 (2006.01); E02B 15/10 (2006.01); patentoobladatel(i) Federalnoe gosudarstvennoe byudzhetnoe uchrezhdenie nauki Federalnii issledovatelskii tsentr "Institut biologii yuzhnikh morei imeni A.O. Kovalevskogo RAN" (FITs InBYuM); № 2019127600; zayavl. 30.08.2019; opubl. 28.11.2019, Byul. № 34.

Kopytina N.I. Vysshie morskie griby. In: Ekosistema Grigor'evskogo (Malogo Adzhalykskogo) limana. Odessa, Astroprint, 2008, pp. 14–16, 50–64, 239–241. (In Russian)

Kopytina N.I., Bocharova E.A. Fouling communities of microscopic fungi on various substrates of the Black Sea. *Biosystems Diversity*, 2022, vol. 29, no. 4, pp. 345–353. doi: 10.15421/012144.

Kopytina N.I., Bubnova E.N. Novie dlya Chernogo morya gribi iz poryadka Pleosporales [Pleosporalean fungi new for the Black Sea]. *Mikologiya I fitopatologiya*, 2011, vol. 45, iss. 4, pp. 316–322. (In Russian)

Kopytina N.I., Sergeeva N.G. Associacii gribov i nematod v CHernom more [Associations of fungi and nematodes in the Black sea]. *Transactions of Papanin Institute for Biology of Inland Waters RAS*, 2023, issue 102(105), pp. 36–46. doi: 10.47021/0320-3557-2023-36-46. (In Russian)

Meyers S.P., Hopper B.E. Studies on marine fungal-nematode associations and pant degradation. Helgoländer wissenschaftliche Meeresuntersuchungen, 1967, vol. 15, pp. 270–281.

Overy D.P., Bayman P., Kerr R.G., Bills G.F. An assessment of natural product discovery from marine (sensu strictu) and marine-derived fungi. *Mycology*, 2014, vol. 5, no. 3, pp. 145–167. doi: 10.1080/21501203.2014.931308.

Pang K.-L., Overy D.P., Jones E.B.G., Calado M.Da.L., Burgaud G., Walker A.K., Johnson J.A., Kerr R.G., Cha H-J., Bills G.F. 'Marine fungi' and 'marine-derived fungi' in natural product chemistry research: Toward a new consensual definition. *Fungal Biology Reviews*, 2016, vol. 30, iss. 4, pp. 163–175. doi: 10.1016/j.fbr.2016.08.001.

Rämä T., Davey M.L., Nordén J., Halvorsen R., Blaalid R., Mathiassen G.H., Alsos I.G., Kauserud H. Fungi Sailing the Arctic Ocean: Speciose Communities in North Atlantic Driftwood as Revealed by High-Throughput Amplicon Sequencing. *Microb Ecol.*, 2016, vol.72, no. 2, pp. 295–304. doi: 10.1007/s00248-016-0778-9.

Smirnova L.L. Kompleksi geterotrofnikh mikroorganizmov pribrezhnogo melkovodya bukhti Kazachya (Chyornoe more) [Associations of the heterotrophic microorganisms in the coastal biotopes of Kazachya Bay (Black Sea)]. *Morskoj ekologicheskii zhurnal*, 2010, vol. 9, no. 2, pp. 81–88. (In Russian)

Smolyanyuk E.V., Bilanenko E.N. Communities of Halotolerant Micromycetes from the Areas of Natural Salinity. *Microbiology*, 2011. vol. 80, no. 6, pp. 877–883.

Tibell S., Tibell L., Pang K.L., Calabon M., Jonesd E.B.G. Marine fungi of the Baltic Sea. *Mycology*, 2020, vol. 11, no. 3, pp. 195–213. doi: 10.1080/21501203.2020.1729886

Usachev P.I. Uspekhi sovremennoi biologii. *Obshchaya kharakteristika fitoplanktona morei SSSR* [General characteristics of phytoplankton in the seas of the USSR]. M-L., Izd-vo AN SSSR, 1947, vol. 23, iss. 2, pp. 265–288. (In Russian)

Zaitsev Y., Kopytina N., Garkusha O., Serbinova I. Preliminary Observations of the Samsun Bay Splash Zone Biodiversity. *Journal of the Black Sea/Mediterranean Environment*, 2010, vol. 16, iss. 3, pp. 245–252.

Zaitsev Y.P., Polikarpov G.G. Recently Discovered New Biospheric Pelocontour Function in the Black Sea Reductive Bathyal Zone. *Journal of the Black Sea/Mediterranean Environment*, 2008, vol. 14, iss. 3, pp. 151–165.

Zelezinskaya L.M. O mikroskopicheskikh gribakh pribrezhnikh biotopov Odesskogo zaliva i nekotorikh limanov. *Gidrobiologicheskii zhurnal*, 1980, vol. 15, no. 1, pp. 20–25. (In Russian)

Zelezinskaya L.M., Nikitina V.B. Mikologicheskie issledovaniya pribrezhnykh biotopov Odesskogo zaliva. *Biologiya morya*, 1977, iss. 43, pp. 43–45. (In Russian)

Zelezins'ka L.M. Znakhidki mors'kogo bazidiomitseta Nia vibrissa Moore et Meyers u pivnichno-zakhidnii chastini Chornogo morya. *Ukraïns'kii botanichnii zhurnal*, 1979b, vol. 35, no. 4, pp. 375–376. (in Ukrainian)

FUNGAL COMPLEXES ON CELLULOSE-CONTAINING SUBSTRATES IN COASTAL AND DEEP-WATER AREAS OF THE BLACK SEA

N. I. Kopytina [1, *], E. A. Bocharova [2]

[1] Papanin Institute for Biology of Inland Waters, Russian Academy of Sciences, 152742 Borok, Russia, e-mail: [*]kopytina_n@mail.ru

[2] A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, 299011 Sevastopol, Russia

Revised 11.09.2023

For the first time in the Black Sea, the species composition of fungi on cellulose-containing substrates was studied in the pelagic zone of coastal and deep-water areas of the Black Sea sector of the Crimean peninsula and Abkhazia. A comparative analysis of the taxonomic structure of mycocomplexes on the wood of the studied water areas and the coastal zone in different regions of the Black Sea is conducted. Fragments of driftwood were sampled during five cruises of the R/V "Professor Vodyanitskiy" in the summer-autumn periods of 2016–2017. The studies were conducted at 45 stations, a total of 562 substrates were examined. Fragments of wood were introduced into Petri dishes in sterile seawater and fungi were grown to form generative structures. Twenty-three species of fungi from the Phylum Ascomycota and one species from the Phylum Basidiomycota were identified, three species of fungi were combined into the group of unindentified species (Fungi spp.). Obligatory marine fungi dominated in the species composition [19]. The species *Ceriosporopsis halima* (55.6%), *Corollospora maritima* (51.1%), *Halosphaeriopsis mediosetigera* (51.1%) and *Corollospora trifurcata* (48.9%) which are widespread in the Black Sea and the World Ocean had the highest frequency of occurrence. The species *Clavariopsis bulbosa* and *Emericellopsis maritima* which are rare in the coastal waters of the Crimean peninsula and in the northwestern Black Sea (NWBS) were detected. Micromycetes *Alternaria alternata*, *A. chlamydospora*, *A. tenuissima*, *Chaetomium* sp., *Stachybotrys chartarum* etc. found in terrestrial ecosystems were also identified. Twenty-one species were found in during the biological season "summer" (water temperature 19.8–26.3°C), 20 species, in biological "autumn" (water temperature 10.1–14.4°C), the similarity of the species composition of fungi by seasons corresponded to 82.9% (17 common species) (the Bray-Curtis coefficient). In the study area, the species structure of mycocomplexes at stations located along the coastline and seaward had a high similarity coefficient of 88.4% (19 common species, the number of species 20 and 23, respectively). The similarity of mycocomplexes in the open part of the sea and the coastal zone of the NWBS is 45.8 (19 species are common), in the open part of the sea and the coastal zone of the Crimea is 69.0% (20 species are common). The high species diversity of fungi in the coastal areas of the NWBS can be explained by a large number of studies, as well as by the influence of the flow of large rivers such as the Dnieper, Southern Bug, Ingul, Dniester, Danube, with waters from which a large number of cellulose-containing substrates enter the sea.

Keywords: lignophilic fungi, obligate and facultative marine fungi, driftwood