

МИКОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ БАЛЛАСТНЫХ ВОД И ОСАДКОВ КОММЕРЧЕСКИХ СУДОВ В ПОРТУ ВЛАДИВОСТОКА

© 2012 Зверева Л.В., Звягинцев А.Ю., Ивин В.В.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского Дальневосточного отделения
Российской академии наук, Владивосток 690059; ayzvyagin@gmail.com

Поступила в редакцию 20.02.2012

В порту Владивостока впервые проведено микологическое исследование балластных вод и осадков коммерческих судов, курсирующих на Российско-Японской и Российско-Китайской линиях. В балластных водах и в осадках обнаружено 43 таксономические формы мицелиальных грибов из 11 родов анаморфных грибов и зигомицетов, среди которых доминируют виды из родов *Aspergillus* (14 таксономических форм) и *Penicillium* (9 таксономических форм). Обнаруженные в балластных водах мицелиальные грибы *Aspergillus japonicus* и *Aspergillus sclerotiorum* в морских местообитаниях (морская вода, донные осадки) в прибрежной зоне залива Петра Великого Японского моря не отмечены. Таксономический состав и эколого-биологическая характеристика обнаруженных мицелиальных грибов в балластных водах и осадках свидетельствуют о значительном антропогенном загрязнении портовых экосистем Китая (Бохайский залив Желтого моря и река Янцзы) и определяют характер экологического риска при биоинвазии данных грибов в дальневосточные моря России.

Ключевые слова: балластные воды и осадки коммерческих судов, мицелиальные грибы, биоинвазии, экологический риск.

Введение

Одной из важнейших экологических проблем настоящего времени является проблема расселения видов. С момента выхода в свет монографии Чарльза Элтона «The ecology of invasion by animals and plants» [Elton, 1958] стало очевидным, что серьезной угрозой существования естественных сообществ биосферы могут являться организмы-вселенцы. По данным международной морской организации (ИМО), ежегодно в мире перевозится около 10 млрд т балластных вод, в которых зарегистрировано около 7000 организмов [ИМО Bulletin, 1998]. Многие из перевозимых организмов успешно вселяются в реки, моря и океаны, где раньше никогда не встречались, и становятся причиной серьезных экологических и экономиче-

ских катастроф [Working Group, 2006]. В последнее время под биологическими инвазиями понимают натурализовавшиеся виды, которые нанесли ущерб аборигенным видам и экосистемам [Дгебуадзе, 2002]. Особое место занимают инвазии морских организмов, которые расселяются с судовыми балластными водами и обрастанием. Для предотвращения попадания нежелательных чужеродных организмов в водные экосистемы морей России необходимо проводить регулярную оценку экологического риска биоинвазий.

Микроскопические мицелиальные грибы – один из компонентов таких объектов морских биоинвазий. Микроскопические грибы входят в состав сообществ обрастания поверхности корпусов судов, а также

заселяют внутренние поверхности судовых танков, заполненных балластными водами. Эти организмы известны как условно-патогенные и токсинообразующие, способные вызывать микозы и микотоксикозы беспозвоночных и рыб. Между тем, в литературе сведения о микроскопических грибах в составе населения судовых балластных вод отсутствуют либо ограничиваются упоминанием лишь одного вида, отнесенного к группе «other taxa» со сложной таксономической идентификацией [Gollasch et al., 2002].

Перенос возбудителей инфекций и инфицированных ими организмов осуществляется поверхностями кораблей, балластными водами и перевозимым грузом. Например, 367 различных видов организмов было обнаружено в балластной воде судна, курсирующего между Японией и Орегонем (США). Предполагается, что завоз холерного вибриона в Южную Америку также был осуществлен судами. Возбудителя опасного инфекционного заболевания обнаружили в пробах, взятых из балластной воды, обрастания и сточных вод грузовых судов, направлявшихся из порта Мехико в Бразилию, Колумбию, Чили [Gollasch et al., 2002].

При исследовании микроскопических мицелиальных грибов в балластных водах и осадках, учитывая их физиолого-биохимические и штаммовые различия, все обнаруженные виды микроорганизмов следует рассматривать как объекты потенциальных биоинвазий. В связи с вышеизложенным остро встает проблема микологической инвазии – проникновения и внедрения в трофические цепи морских экосистем дальневосточных морей России чужеродных грибов-вселенцев. Ранее нами опубликованы предварительные данные о микроскопических грибах в балластных водах теплохода «Timber Star», который курсирует на Российско-Японской линии [Звягинцев и др., 2009].

Для полноты информации о населении балластных вод судов, прибывающих в порт Владивостока, мы посчитали целесообразным включить результаты этих исследований в настоящую статью.

Цель настоящей работы – микологическое исследование балластных вод и осадков коммерческих судов, поступающих в порт Владивостока из прибрежных вод Китая и Японии. В задачи исследования входило следующее.

1. Таксономическая идентификация микологического населения балластных вод.

2. Эколого-биологическая оценка микроскопических мицелиальных грибов, выявленных в балластных водах и осадках.

Материал и методы

Векторы перемещения балластных вод коммерческих судов связывают порт Владивостока с различными по географическому положению и гидрологическим характеристикам регионами Восточной Азии (рис. 1, табл. 1, 2). Микологическое исследование в балластных водах проводили на судне «Timber Star», которое прибывает в порт Владивостока под погрузку лесоматериалами из Японских островов (Майдзуру, Тояма, Саката) (рис. 1, табл. 1). Балластные воды и осадки из портов Китая (порты Лайчжоу, Лункоу в Бохайском заливе Желтого моря и порты Янчжоу, Наньтун, Чжанцзяган на реке Янцзы) анализировали на танкере «Minotaur» (рис. 1, табл. 2).

Для отбора проб балластных вод использовали батометр Молчанова. Пробы балластных осадков отбирали лотом Наумова для мягких грунтов и грунтовой трубкой в почти полностью осушенном танке. В лабораторных условиях производили обработку проб в соответствии со стандартными методиками [Зверева, Высоцкая, 2005]. Для микологического исследования использовали только живой биологический материал. Материал

Таблица 1. Характеристика проб балластных вод на судне «Timber Star», прибывшем в порт Владивостока из портов Японии

Порт-донор	Дата забора балластной воды в порту-доноре	Дата отбора пробы в порту-реципиенте	Соленость воды, ‰	Объем пробы, л
Майдзуру	22.05.2007	19.07.2007	29.0	4
Тояма	23.07.2007	04.08.2007	30.0	4.5
Тояма	23.07.2007	15.08.2007	30.0	4.5
Саката	21.08.2007	01.09.2007	29.0	4.5
Саката	21.08.2007	14.09.2007	30.0	4.5

Таблица 2. Характеристика проб балластных вод на танкере «Minotaur», прибывшем в порт Владивостока из портов Китая

Порт-донор	Дата забора балластной воды в порту-доноре	Дата отбора пробы в порту-реципиенте	Соленость воды, ‰	Объем пробы, л
Лайчжоу	01.10.2007	03.10.2007	30.0	4.5
Лункоу	27.05.2008	29.05.2008	31.0	4.5
Лункоу	05.06.2008	10.06.2008	29.6	4.5
Лункоу	16.06.2008	22.06.2008	30.4	4.5
Янчжоу	30.06.2008	04.07.2008	31.5	4.5
Лункоу	12.07.2008	19.07.2008	29.2	4.5
Лункоу	24.07.2008	29.07.2008	28.2	4.5
Наньтун	07.08.2008	11.08.2008	12.3	4.5
Лункоу	18.08.2008	23.08.2008	29.2	4.5
Янчжоу	31.08.2008	05.09.2008	23.7	4.5
Наньтун	23.11.2008	02.12.2008	12.0	3
Янчжоу	11.12.2008	19.12.2008	15.5	4.5
Лункоу	27.12.2008	12.01.2009	28.3	3
Лункоу	11.02.2009	22.02.2009	26.4	3
Лайчжоу	01.03.2009	08.03.2009	27.8	3
Наньтун	11.04.2009	12.04.2009	1.2	3
Лункоу	19.04.2009	24.04.2009	28.5	3
Лайчжоу	01.05.2009	06.05.2009	27.6	3
Чжанцзяган	15.05.2009	20.05.2009	1.0	3
Лункоу	27.05.2009	02.06.2009	27.0	3
Лайчжоу	24.08.2009	29.08.2009	30.5	3

отбирали с соблюдением стерильности. При обработке материала использовали следующие методы микологического исследования балластных вод:

1. Метод сгущения, или фильтрации балластных вод с последующим посевом фильтра с осадком на твердые агаризованные питательные среды.

2. Метод приманок для выявления и изоляции микроскопических мицелиальных грибов из проб балластных вод.

2.1. Субстраты-приманки для выявления и изоляции микроскопических мицелиальных грибов (вата, целлофан,

бумажные фильтры, пластины агаровой питательной среды).

2.2. Инкубация субстратов-приманок в пробах балластных вод для выявления и изоляции микроскопических мицелиальных грибов.

2.3. Посевы инкубированных микроскопическими грибами субстратов-приманок на твердые агаризованные питательные среды.

3. Метод прямого посева поверхностного слоя пробы балластных вод на твердые агаризованные питательные среды.

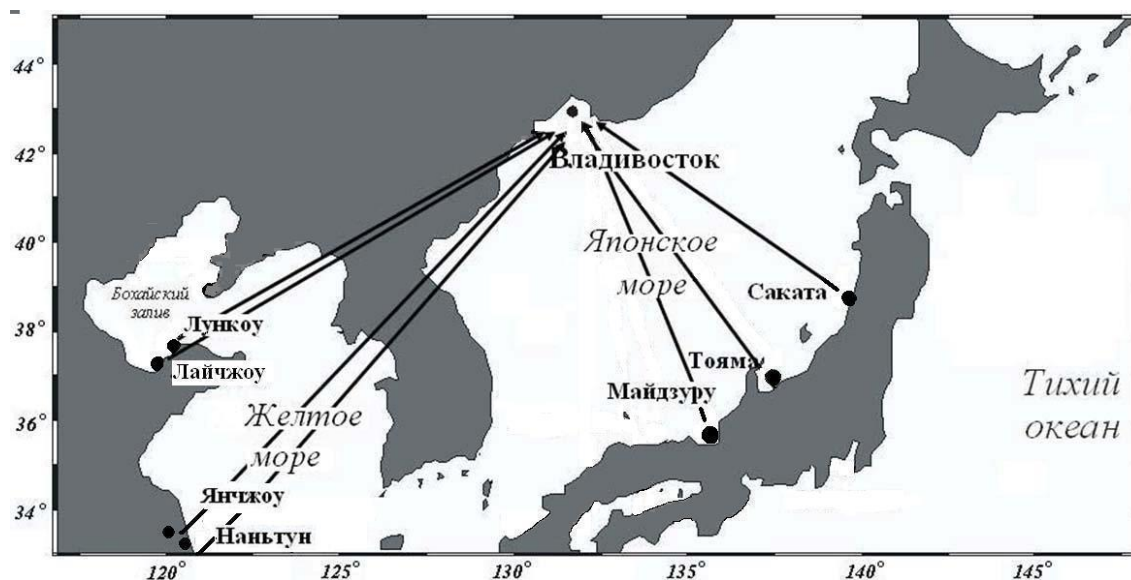


Рис. 1. Основные маршруты судов, прибывающих в порт Владивостока из портов Китая и Японии.

4. Метод прямого посева осадка из пробы балластных вод на твердые агаризованные питательные среды.

5. Метод прямого посева осадка из балластного танка на агаризованную питательную среду.

Использовали универсальную агаризованную питательную среду Сабура для выявления микроскопических мицелиальных грибов. С целью подавления сопутствующей бактериальной флоры в среду добавляли антибиотики: пенициллин (500 тыс. ед./л) и стрептомицин (0.5 г/л) [Зверева, Высоцкая, 2005].

Результаты и обсуждение

Таксономический состав микроскопических мицелиальных грибов в балластных водах судов, поступающих из портов Японии

В балластных водах лесовоза «Timber Star» обнаружено и идентифицировано 24 таксономические формы из 10 родов микроскопических мицелиальных грибов (табл. 3). Внешний вид некоторых штаммов и микрофотографии мицелиальных грибов из балластных вод и осадков судов приведен на цветных фото 1–7 в Приложении. Таксономический состав балластных вод представлен анаморф-

ными грибами (Anamorphic fungi) – 22 таксономические формы (91.7%) и зигомицетами (Zygomycota) – 2 таксономические формы (8.3%). В балластных водах доминировали представители родов *Aspergillus* – 7 таксономических форм (29.2%), *Penicillium* – 6 таксономических форм (25%), *Acremonium* – 3 таксономические формы (12.5%), *Cladosporium* – 2 таксономические формы (8.3%). По 1 таксономической форме ($\approx 4.2\%$) обнаружено из родов *Mucor*, *Rhizopus*, *Alternaria*, *Fusarium*, *Geomyces*, *Trichoderma*.

Биологическое разнообразие микобиоты балластных вод невелико, поскольку мицелиальные грибы являются гетеротрофными организмами и для жизнедеятельности (прикрепления, роста и развития) им необходим субстрат. На субстрате развивается вегетативная стадия гриба – мицелий, и формируются органы бесполого и полового спороношения. В водную толщу балласта попадают лишь споры, которые служат для распространения грибов в окружающей среде. Данная закономерность характерна для природных морских биотопов, микобиота морской воды по сравнению с таковой морских донных осадков и макрофитов является наиболее обедненной [Артемчук, 1981].

Таблица 3. Таксономический состав мицелиальных грибов в балластных водах лесовоза «Timber Star»

Таксон	Порты-доноры		
	Майдзуру	Тояма	Саката
<i>Zygomycota</i>			
<i>Mucor racemosus</i> Fres.	+	–	+
<i>Rhizopus nigricans</i> Ehrenb.	–	+	+
Anamorphic Fungi	–	–	–
<i>Acremonium butyri</i> (van Beyma) W.Gams	+	–	–
<i>Acremonium fusidioides</i> (Nicot) W.Gams	+	–	–
<i>Acremonium roseum</i> (Oud.) W.Gams	+	–	–
<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keisler	+	–	+
<i>Aspergillus candidus</i> Link	–	–	+
<i>Aspergillus niger</i> van Tieghem	+	+	+
<i>Aspergillus flavus</i> Link	+	–	–
<i>Aspergillus fumigatus</i> Fres.	–	+	–
<i>Aspergillus melleus</i> Yukawa	+	–	–
<i>Aspergillus ochraceus</i> Wilhelm.	–	–	+
<i>Aspergillus versicolor</i> (Vuill.) Tiraboschi	–	+	–
<i>Cladosporium sphaerospermum</i> Penz.	+	–	+
<i>Cladosporium brevicompactum</i> Pidopl. et Deniak	+	+	–
<i>Fusarium oxysporum</i> var. <i>orthoceras</i> (App. et Wr.) Bilai	+	–	+
<i>Geomyces pannorum</i> (Link) Singler et Carmichl.	+	–	–
<i>Penicillium dierckxii</i> Biourge	+	–	–
<i>Penicillium cyaneum</i> (Bainier et Sartory) Biourge	–	+	+
<i>Penicillium griseofulvum</i> Dierckx	+	–	–
<i>Penicillium steckii</i> Zal.	–	+	+
<i>Penicillium waksmanii</i> Zal.	–	+	–
<i>Penicillium</i> sp.		+	+
<i>Trichoderma polysporum</i> (Link) Rifai	+	–	–

Примечание. «+» – присутствие вида, «–» – отсутствие вида

Таксономический состав мицелиальных грибов в балластных водах и в осадках судов, поступающих из китайских портов (Бохайский залив Желтого моря)

Бохайский залив Желтого моря – регион-донор чужеродных видов микроскопических мицелиальных грибов, фито- и зоопланктона,

поступающих в залив Петра Великого с балластными водами судов. В связи с существованием такого инвазионного коридора между портами Китая и России мы приводим краткое описание залива. Бохайский залив – «внутреннее море» на побережье материковой части Китая, которое расположено на границе умеренного и субтропического поясов

[Teng et al., б. г.]. Его площадь составляет 80 000 км², максимальная глубина 70 м, средняя глубина 18 м. В Бохайском заливе зарегистрировано 120 видов фитопланктона, среди которых доминируют эвритермные диатомовые водоросли, живущие в распресненных водах при низкой солености. Кроме них, отмечено около 100 видов зоопланктона, более 100 видов макрофитов (бурых, красных и зеленых водорослей), около 140 видов бентосных животных (доминирующие промысловые виды *Scapharca subcrenata*, *Ruditapes philippinarum*, *Meretrix meretrix*, *Ostrea plicatula*, *Penaeus chinaensis*, *Exopalaemon carinicauda*) и 120 видов нектона (рыбы, креветки, крабы, кальмары, морские млекопитающие). Таксономические списки микроскопических мицелиальных грибов морей Китая в литературе отсутствуют, однако отмечено их количество – 57 видов для Желтого моря (вместе с Бохайским заливом) и 127 видов мицелиальных грибов, 61 вид дрожжей для морей Китая в целом [Wang Shu-jin et al., 2001; Teng et al., б. г.].

В порту Владивостока в балластных водах нами обнаружено 23 таксономические формы мицелиальных грибов из 8 родов анаморфных грибов, среди которых доминируют виды из родов *Aspergillus* (10 таксономических форм) и *Penicillium* (7 таксономических форм). Выявлено по 1 представителю из родов *Acremonium*, *Cladosporium*, *Geomyces*, *Trichoderma*, *Wardomyces*, *Mycelia Sterilia* (табл. 4). В осадках балластных танков обнаружена 21 таксономическая форма мицелиальных грибов из 9 родов, также доминируют виды из родов *Aspergillus* (11 таксономических форм) и *Penicillium* (3 таксономические формы). По 1 таксономической единице отмечено среди представителей родов *Acremonium*, *Cladosporium*, *Scopulariopsis*, *Trichoderma*, *Wardomyces*, *Eurotium*, *Absidia*. (табл. 4). Всего обнаружено 32 таксономические формы микроскопических мицелиальных грибов, в

основном анаморфных микромицетов (табл. 4). Количественные характеристики мицелиальных грибов в балластных водах и осадках танкера «Minotaur» приведены на рисунках 2–3 и в таблице 5.

Среди них, *Aspergillus japonicus* описанный из Восточной Азии, обнаружен в дальневосточном регионе в наземных местообитаниях [Егорова, 1986], но в морских биотопах не отмечен. *Aspergillus sclerotiorum* в морской воде и донных осадках прибрежных вод залива Петра Великого Японского моря также не отмечен [Пивкин и др., 2005].

Таким образом, в балластных водах, поступающих из Бохайского залива Желтого моря, обнаружено 23 таксономические формы мицелиальных грибов из 8 родов анаморфных грибов, среди которых доминируют виды из родов *Aspergillus* (10 таксономических форм) и *Penicillium* (7 таксономических форм). В балластных осадках обнаружена 21 таксономическая форма мицелиальных грибов из 9 родов, также доминируют виды из родов *Aspergillus* (11 таксономических форм) и *Penicillium* (3 таксономические формы). Всего выявлено 32 таксономические формы микроскопических мицелиальных грибов, в основном анаморфных микромицетов. Обнаруженные в балластных танках мицелиальные грибы *Aspergillus japonicus* и *Aspergillus sclerotiorum* в морской воде и донных осадках прибрежных районов залива Петра Великого Японского моря не отмечены.

Таксономический состав мицелиальных грибов в балластных водах судов, поступающих из китайских портов (река Янцзы)

Порты, расположенные на реке Янцзы, также являются регионами-донорами патогенных и токсикогенных микроскопических мицелиальных грибов, что определяет характер экологического риска при биоинвазии их в дальневосточные моря России (табл. 6).

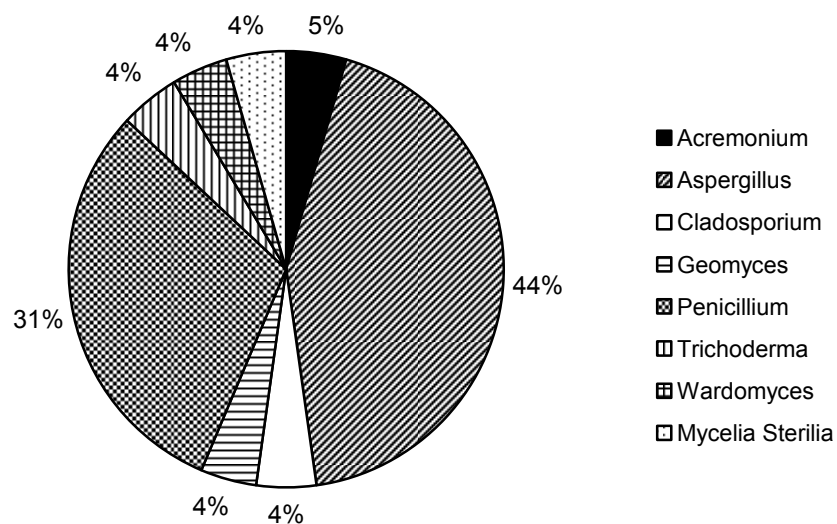
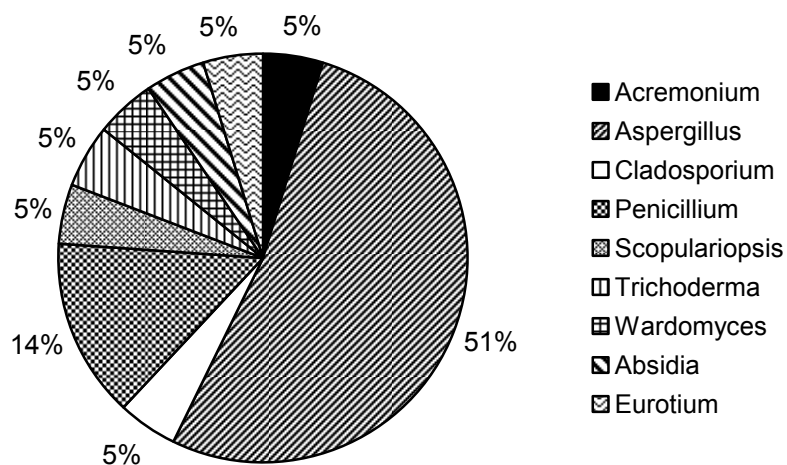
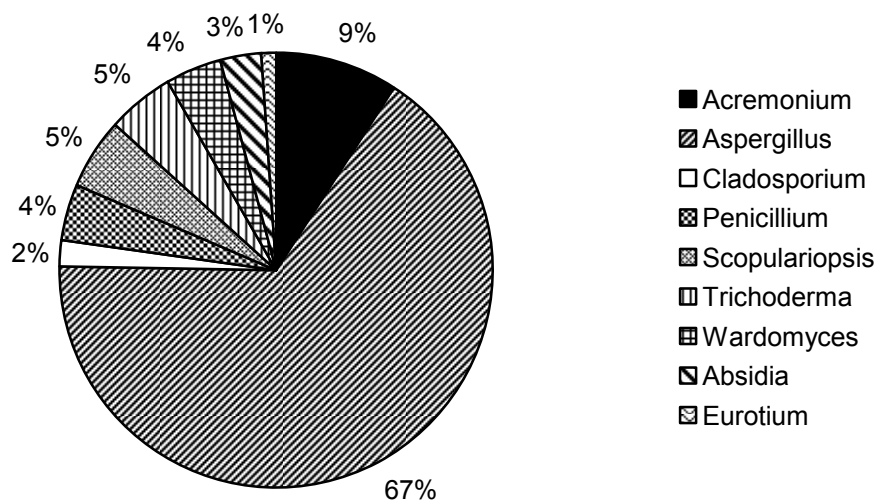


Рис. 2. Соотношение числа таксономических форм мицелиальных грибов (%), обнаруженных в балластных водах танкера «Minotaur».



A



Б

Рис. 3. Соотношение числа таксономических форм (А) и колоний (Б) мицелиальных грибов (%), обнаруженных в балластных осадках танкера «Minotaur».

Таблица 4. Таксономический состав мицелиальных грибов в балластных водах и осадках танкера «Minotaur»

Таксон	Осадок	Балластные воды
Anamorphic fungi		
<i>Acremonium roseum</i> (Oud.) W. Gams.	+	+
<i>Aspergillus candidus</i> Link	+	+
<i>A. flavus</i> Link	+	+
<i>A. fumigatus</i> Fresen.	–	+
<i>A. glaucus</i> Raper et Fennell	+	–
<i>A. halophilicus</i> C.M. Chr., Pavar. et C.R. Benj.	+	+
<i>A. japonicus</i> Saito	+	–
<i>A. mangini</i> (Mangin.) Thom et Raper	+	–
<i>A. melleus</i> Yukawa	–	+
<i>A. niger</i> van Tieghem	+	+
<i>A. restrictus</i> G.Sm.	–	+
<i>A. sclerotiorum</i> Huber	+	–
<i>A. sydowii</i> (Bainier et Sartory) Thom et Church.	+	+
<i>A. varians</i> (Wehmer) Raper et Fennell	+	+
<i>A. ustus</i> (Bainier et Sartory) Thom et Church.	+	+
<i>Cladosporium sphaerospermum</i> Penz.	+	+
<i>Geomyces pannorum</i> (Link) Singler et Carmichl.	–	+
<i>P. abeanum</i> G.Sm.	–	+
<i>P. chrysogenum</i> Thom.	+	+
<i>P. citrinum</i> Thom.	–	+
<i>Penicillium steckii</i> Zaleski	+	+
<i>P. griseofulvum</i> Dierckx	+	–
<i>P. spinulosum</i> Thom.	–	+
<i>P. verrucosum</i> Dierckx var. <i>cyclopium</i>	–	+
<i>P. waksmanii</i> Zaleski.	–	+
<i>Scopulariopsis brevicaulis</i>	+	–
<i>Trichoderma koningii</i> Rifai	+	–
<i>Trichoderma viride</i> Rifai	–	+
<i>Wardomyces inflatus</i> (A. Marchall.) Hennebert	+	+
Ascomycota	–	–
<i>Eurotium herbariorum</i> (anamorpha <i>Aspergillus mangini</i>)	+	–
Zygomycota	+	–
<i>Absidia</i> sp.	+	–
Mycelia Sterilia	–	+

Примечание. «+» – присутствие вида, «–» – отсутствие вида

Таблица 5. Количество мицелиальных грибов в осадках балластных танков танкера «Minotaur»

Род	таксономические формы	колонии
<i>Absidia</i>	1	3
<i>Acremonium</i>	1	9
<i>Aspergillus</i>	11	64
<i>Cladosporium</i>	1	2
<i>Eurotium</i>	1	1
<i>Penicillium</i>	3	4
<i>Scopulariopsis</i>	1	5
<i>Trichoderma</i>	1	5
<i>Wardomyces</i>	1	4

Таблица 6. Таксономический состав мицелиальных грибов в балластных водах танкера «Minotaur»

Таксон	Патогенные свойства
<i>Zygomycota</i>	
<i>Mucor luteus</i> Linnemann	Нет данных
<i>Rhizopus nigricans</i> Ehrenb.	Системные поражения внутренних органов
Anamorphic Fungi	Нет данных
<i>Acremonium fusidioides</i> (Nicot) W.Gams	Поражения ногтей (онихомикоз), роговицы глаза, эндокардит, эндофтальмит и др.
<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keisler	Кератомикозы, онихомикозы, феогифомикозы, и др.
<i>Aspergillus candidus</i> Link	Онихомикоз, отомироз, инвазивный аспергиллез
<i>Aspergillus niger</i> van Tieghem	Системные поражения внутренних органов человека и животных
<i>Aspergillus melleus</i> Yukawa	Нет данных
<i>Aspergillus ochraceus</i> Wilhelm.	Вызывает бронхо-легочные заболевания, аспергиллезы, продуцент охратоксинов
<i>Aspergillus flavus</i> Link	Микозы, микотоксикозы, аллергии, продуцент афлатоксинов. Вызывает афлатоксикозы радужной форели, ракообразных.
<i>Aspergillus fumigatus</i> Fresen.	Системные поражения внутренних органов человека и животных, продуцент микотоксина (глиотоксина)
<i>Aspergillus phoenicis</i> (Cda) Thom	Нет данных
<i>Aspergillus niveus</i> Blochwitz	Нет данных
<i>Aureobasidium pullulans</i> (de Bary) Arnaud	Феогифомикозы человека и животных.
<i>Botrytis cinerea</i> Pers.ex Fries	Вызывает гнили плодовых с/х растений.
<i>Cladosporium sphaerospermum</i> Penz.	Вызывает микозы рыб (<i>Lutjanus campechanus</i>)
<i>Fusarium oxysporum</i> var. <i>orthoceras</i> (App. et Wr.) Bilai	Возбудитель кератита, перитонита, кожных инфекций. Вызывает патологии внутренних органов ракообразных. Представители рода <i>Fusarium</i> – продуценты микотоксина зеараленона.
<i>Penicillium chrysogenum</i> Thom	Системные поражения внутренних органов человека и животных
<i>Penicillium corylophyllum</i> Dierckx	Системные поражения рыб (<i>Lutjanus campechanus</i>)

<i>P.citrinum</i> Thom.	Нет данных
<i>Penicillium steckii</i> Zaleski	—"
<i>P.griseofulvum</i> Dierckx	—"
<i>P.spinulosum</i> Thom.	—"
<i>Penicillium</i> sp.1	—"
<i>Penicillium</i> sp.2	—"
<i>Penicillium</i> sp.3	—"
<i>Trichoderma viride</i> Rifai	—"

**Эколого-биологическая оценка
мицелиальных грибов,
обнаруженных в балластных водах и
осадках судов**

Выявленные в балластных водах и осадках виды грибов являются эврибионтными, факультативно морскими, широко распространенными как в наземных, так и в морских местообитаниях. облигатные морские грибы в балластных водах и осадках не обнаружены. Представители родов *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Acremonium*, *Trichoderma* характеризуются широкой экологической валентностью, высокой скоростью роста и обильным образованием спор (г – стратеги), а также высокой адаптационной способностью к неблагоприятным условиям среды [Великанов, Сидорова, 1983]. Указанные свойства позволяют им выживать в биотопах, подверженных значительному антропогенному воздействию. Так, представители родов *Penicillium*, *Aspergillus*, *Cladosporium* и др. обнаружены в загрязненных промышленных и бытовыми стоками морских грунтах в Амурском заливе [Худякова и др., 2000] и в бухтах Гайдамак [Зверева, 2002].

Балластные воды следует рассматривать как техногенный резервуар микроорганизмов, многие из которых способны вызывать инфекции человека и животных [Супотницкий, 2000]. В данном техногенном резервуаре микроорганизмы существуют в условиях колебаний разнообразных факторов среды. Это определяет их эколого-биологические особенности: высокую экологическую пластичность и жизнеспособность в широком диапазоне

различных абиотических факторов (температура, pH, содержание растворенного кислорода, органические поллютанты и др.).

Физиолого-биохимические свойства грибов, а особенно способность образовывать биологически активные метаболиты, определяют характер экологического риска при биоинвазии данных видов грибов в дальневосточные моря России. Из балластных вод выделены условно-патогенные и токсинообразующие мицелиальные грибы, вызывающие микозы и микотоксикозы беспозвоночных и рыб (род *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Fusarium* и др.) [Sindermann, Lightner, 1988; Sallenave-Namont et al., 2000; Grovel et al., 2003]; продуценты протеолитических ферментов и гемолитических метаболитов (род *Cladosporium*), что обуславливает их патогенные свойства [Pivkin, 2000]; продуценты антибиотических веществ (род *Penicillium*, *Aspergillus*, *Trichoderma*, *Mucor*), способные конкурировать с другими микроорганизмами [Pivkin, 2000]. Мицелиальные грибы – *Aspergillus niger*, *A. flavus*, *A. ochraceus*, *A. versicolor*, *Cladosporium sphaerospermum*, *Alternaria alternata*, *Mucor racemosum*, *Rhizopus nigricans*, виды родов *Penicillium* и *Trichoderma*, обнаруженные в балластных водах, относятся к группе условно-патогенных грибов. Кроме того, виды родов *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Alternaria*, *Trichoderma*, *Rhizopus* известны как возбудители глубоких и оппортунистических микозов человека, наземных животных морских беспозвоночных и рыб. Так, выделенные из дальневосточного

трепанга и кукумари японской мицелиальные грибы *Cladosporium brevicompactum*, *C. sphaerospermum* обладают выраженной протеолитической активностью, что косвенно свидетельствует об их патогенности [Pivkin, 2000]. Грибы, принадлежащие к роду *Cladosporium*, выделили из гиперплазированного эпителия жабр у трески, *C. cladosporioides* был обнаружен на омарях, а *C. sphaerospermum* – на осьминоге [Strongman et al., 1997]. При исследовании эпизоотий у коралла *Gorgonia ventalina* изолирован гриб *Aspergillus sydowii* [Slattery, 1999]. Виды рода *Fusarium* вызывают инфекции молоди культивируемых ракообразных [Sindermann, Lightner, 1988]. Большинство из выделенных грибов являются продуцентами микотоксинов: афлатоксинов (*A. flavus*, *A. parasiticus*), охратоксинов (*A. ochraceus*), стеригматоцистинов (*Aspergillus versicolor*, *A. nidulans*), глиотоксинов (*A. fumigatus*), зеараленонов (*Fusarium* spp.) и др. и способны вызывать микотоксикозы как у человека, так и у животных наземных и морских местообитаний. Так, грибы рода *Aspergillus* (*A. flavus*, *A. parasiticus*) вызывают афлатоксикозы культивируемых ракообразных [Sindermann, Lightner, 1988], известны случаи хронического афлатоксикоза культивируемой в США, Великобритании, Италии радужной форели с опухолевидным поражением печени (гепатомами), *A. fumigatus* продуцирует глиотоксин, накапливающийся в мягких тканях культивируемого во Франции двустворчатого моллюска *Mytilus edulis* [Grovel et al., 2003]. В балластных водах и осадках доминируют мицелиальные грибы рода *Aspergillus*, которые обладают высокой метаболической активностью и адаптивной способностью использовать множество разнообразных органических соединений, в том числе соединения, почти не метаболизируемые другими организмами. Аспергиллы способны осуществлять почти все реакции трансформации веществ: окисление и

восстановление, декарбоксилирование, дезаминирование, гидролиз, метилирование, этерификацию, дегидратацию, аминирование, ацетилирование и др. [Билай, Коваль, 1988]. Аспергиллы играют значительную роль в трансформации целлюлозосодержащих растительных остатков, особенно в зонах теплого климата (умеренного, субтропического, тропического). Наиболее активные продуценты целлюлаз – *Aspergillus fumigatus*, *A. niger*, *A. flavus* и др. У многих видов аспергиллов установлена способность усваивать углеводороды нефти и нефтепродуктов (*A. glaucus*, *A. fumigatus*, *A. melleus*, *A. sclerotiorum*, *A. niger*, *A. ustus*, *A. sydowii*) [Билай, Коваль, 1980; Артемчук, 1981]. *A. niger* устойчив к повышенной концентрации тяжелых металлов, пестицидов, ядохимикатов [Илялетдинов, 1966].

Таксономический состав мицелиальных грибов и эколого-биологическая характеристика обнаруженных видов свидетельствует о значительном загрязнении портовых экосистем Китая (Бохайский залив Желтого моря и река Янцзы) и определяют характер экологического риска при биоинвазии данных грибов в дальневосточные моря России. Степень экологического риска при биоинвазии выявленных видов грибов в дальневосточные моря России достаточно высока. Так, обнаруженные в балластных водах виды родов *Aspergillus* являются продуцентами микотоксинов: афлатоксинов (*A. flavus*), глиотоксинов (*A. fumigatus*) и др., которые вызывают микотоксикозы человека, наземных и морских животных: ракообразных [Sindermann, Lightner, 1988], моллюсков [Grovel et al., 2003]. Мицелиальные грибы родов *Aspergillus* (*A. fumigatus*, *A. flavus*, *A. niger*), *Penicillium*, *Cladosporium* (*C. sphaerospermum*), *Trichoderma* и др. относятся к группе условно-патогенных и токсинообразующих грибов, способных вызывать микозы и микотоксикозы морских беспозвоночных и рыб [Sindermann, Lightner, 1988; Sallenave-Namont et al., 2000; Grovel et al., 2003].

Микотоксины мицелиальных грибов накапливаются в тканях гидробионтов, в том числе съедобных двустворчатых моллюсков, и могут вызывать токсикоинфекции людей при употреблении в пищу зараженных морепродуктов [Grovel et al., 2003].

Таким образом, проблема биоинвазии микроскопических мицелиальных морских грибов с балластными водами судов дальнего плавания, заходящих в залив Петра Великого, достаточно актуальна. Отбор и анализ проб балластных вод является одним из методов, позволяющих как контролировать попадание потенциально опасных организмов в природную среду при сбросе балласта, так и оценить эффективность мероприятий по управлению балластными водами [Звягинцев, Селифонова, 2008]. Полученные нами результаты, естественно, следует считать предварительными. Однако даже на основании столь небольшого материала следует вывод о реальной возможности транспортировки экзотических и потенциально опасных видов в балластных водах судов, заходящих в порт Владивостока. В России до сих пор не ратифицированы положения Международной конвенции о контроле судовых балластных вод и осадков и управлении ими 2004 г. Инициативные работы по изучению населения судовых балластных вод проводятся лишь в портах Новороссийска и Владивостока [Звягинцев, Селифонова, 2008]. Однако в ближайшее время подобные работы могут потерять статус инициативных и стать обязательными. Объясняется это тем, что в настоящее время правительством России разрабатывается проект постановления о присоединении Российской Федерации к Международной конвенции о контроле судовых балластных вод и осадков и управлении ими 2004 г. [О присоединении..., 2011]. Исследования, проведенные Мурманским морским биологическим институтом КНЦ РАН, Государственным морским университетом имени адмирала Ф.Ф.Ушакова,

Институтом биологии моря ДВО РАН в портах Новороссийска и Владивостока в какой-то мере могли послужить научно-практической основой для законопроектной деятельности в сфере морского и речного транспорта. Исследования балластных вод коммерческих судов и разработка рекомендаций по контролю судовых балластных вод были выполнены учеными гидробиологами совместно с администрациями морских портов. В Новороссийском порту в 2004 г. разработана временная методика контроля балластных вод, с 2009 г. действует план управления судовыми балластными водами [Селифонова, 2010]. В 2008 г. создан консультационно-информационный центр мониторинга морских биоинвазий и судовых балластных вод при Институте биологии моря ДВО РАН.

Выводы

1. Впервые проведено микологическое исследование балластных вод и осадков коммерческих судов, прибывающих в порт Владивостока из китайских портов (Бохайский залив Желтого моря, река Янцзы) и Японских островов.

2. В балластных водах и в осадках обнаружено 43 таксономические формы мицелиальных грибов из 11 родов анаморфных грибов и зигомицетов, среди которых доминируют виды из родов *Aspergillus* (14 таксономических форм) и *Penicillium* (9 таксономических форм). Обнаруженные в балластных водах мицелиальные грибы *Aspergillus japonicus* и *A. sclerotiorum* в морских местообитаниях (морская вода и донные осадки) в прибрежных районах залива Петра Великого Японского моря ранее не отмечены.

3. Таксономический состав и эколого-биологическая характеристика обнаруженных мицелиальных грибов в балластных водах и осадках свидетельствуют о значительном антропогенном загрязнении портовых экосистем Китая (Бохайский залив Желтого моря и река Янцзы) и

определяют характер экологического риска при биоинвазии данных грибов в дальневосточные моря России.

4. При исследовании микроскопических мицелиальных грибов в балластных водах и осадках, учитывая их физиолого-биохимические и штаммовые различия, все обнаруженные виды микроорганизмов следует рассматривать как объекты потенциальных биоинвазий.

5. Микологический анализ, проведенный в порту Владивостока, позволит модифицировать и совершенствовать методы исследования микроскопических мицелиальных грибов в балластных водах и осадках, которые могут быть использованы для разработки методов экспресс-диагностики микобиоты.

Благодарности

Авторы признательны администрации морского порта Владивосток за содействие в организации исследования балластных вод и осадков коммерческих судов и Ж.П. Селифоновой за критический просмотр рукописи. Работа выполнена при частичной финансовой поддержке гранта РФФИ 11-04-00618-а «Мониторинг морских биоинвазий и роль судовых балластных вод в расселении видов» на 2011–2012 гг.; грантов РФФИ 09-04-01235 и 11-04-98591; грантов ДВО-1 09-И-П15-03, 09-И-П16-04, 09-И-П23-01; целевой комплексной программы ДВО РАН «Биологическая безопасность дальневосточных морей Российской Федерации»; гранта фонда APN ARCP2006-FP14-Adrianov.

Литература

Артемчук Н.Я. Микофлора морей СССР. М.: Наука, 1981. 192 с.

Билай В.И., Коваль Э.З. Рост грибов на углеводородах нефти. Киев: Наук. думка, 1980. 280 с.

Билай В.И., Коваль Э.З. Аспергиллы. К.: Наук. думка. 1988. 204 с.

Великанов Л.Л., Сидорова И.И. Некоторые биохимические аспекты в экологии грибов // Успехи микробиологии. Москва: Наука, 1983. Т. 18. С. 112–132.

Дгебуадзе Ю.Ю. Проблемы инвазий чужеродных организмов // Экологическая безопасность и инвазии чужеродных организмов. М: МСОП, 2002. С. 11–21.

Егорова Л.Н. Почвенные грибы Дальнего Востока. Гифомицеты. Л.: Наука, 1986. 191 с.

Зверева Л.В. Микобиота загрязненных акваторий залива Петра Великого (Японское море). Международная научно-практическая конференция 16–18 окт. 2002 г. «Морская экология – 2002». Владивосток: Морск. Гос. Ун-т, 2002. С. 153–159.

Зверева Л.В., Высоцкая М.А. Мицелиальные грибы – ассоцианты двустворчатых моллюсков из загрязненных биотопов Уссурийского залива // Биол. моря. 2005. Т. 31. № 6. С. 443–446.

Звягинцев А.Ю., Селифонова Ж.П. Исследования балластных вод коммерческих судов в морских портах России // Рос. журн. биол. инвазий. 2008. № 2. С. 1–12.

Звягинцев А.Ю., Ивин В.В., Кашин И.А., Орлова Т.Ю., Селина М.С., Касьян В.В., Корн О.М., Корниенко Е.С., Куликова В.А., Безвербная И.П., Зверева Л.В., Радашевский В.И., Белогурова Л.С., Бегун А.А., Городков А.Н. Население балластных вод судов в порту Владивосток // Биол. моря. 2009. Т. 35. № 1. С. 29–40.

Илялетдинов А.Н. Биологическая мобилизация минеральных соединений. Алма-Ата: Наука, 1966. 332 с.

О присоединении Российской Федерации к международной конвенции «О контроле судовых балластных вод и осадков и управлении ими 2004 года». Проект постановления правительства РФ от 08.09.11 г. //

- (http://www.mintrans.ru/documents/detail.php?ELEMENT_ID=16864). Проверено 14.02.2012.
- Пивкин М.В., Худякова Ю.В., Кузнецова Т.А., Сметанина О.Ф., Полохин О.В. Грибы аквапочв прибрежных акваторий Японского моря в южной части Приморского края // Микология и фитопатология. 2005. Т. 39, вып. 6. С. 50–61.
- Селифонова Ж.П. Контроль судовых балластных вод как метод предотвращения биологического загрязнения морской среды: Метод. пособие. Апатиты: Кольск. научн. центр РАН, 2010. 87 с.
- Супотницкий М.В. Микроорганизмы, токсины и эпидемии. 2000 // (<http://supotnitskiy.webspecialist.ru/book/book1.htm>). Проверено 20.02.2012.
- Худякова Ю.В., Пивкин М.В., Кузнецова Т.А., Светашев В.И. Грибы грунтов Японского моря (Российское побережье) и их биологически активные метаболиты // Микробиология. 2000. Т. 69. № 5. С. 722–726.
- Elton C.S. The ecology of invasion by animals and plants. London: Methuen, 1958. 181 pp.
- Gollasch S., Macdonald E., Belson S., Botnen H., Christensen J., Hamer J., Houvenaghel G., Jelmert A., Lucas I., Masson D., McCollin T., Olenin S., Persson A., Wallentinus I., Wetsteyn B., Wittling T. Life in Ballast Tanks // Invasive Aquatic Species of Europe: Distribution, Impacts and Management / Eds. E. Leppäkoski, S. Gollasch, S. Olenin. Dordrecht, the Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2002. P. 217–231 (583 pp.).
- Grovel O., Pouchus Y.F., Verbist J.-F. Accumulation of gliotoxin, a cytotoxic mycotoxin from *Aspergillus fumigatus*, in blue mussel (*Mytilus edulis*) // Toxicon. 2003. № 42. P. 297–300.
- IMO Bulletin to put an end to invasion of alien organisms as a result of their transportation with ballast water. October 1998. 21 p.
- Pivkin M. V. Filamentous Fungi Associated with Holothurians from the Sea of Japan, off the Primorye Coast of Russia // Biol. Bull. 2000. V. 198. P. 101–109.
- Sallenave-Namont C., Pouchus Y.F., Du Pont T.R., Lassus P., Verbist J.F. Toxigenic saprophytic fungi in marine shellfish farming areas // Mycopathology. 2000. Vol. 149. P. 21–25.
- Sindermann C.J., Lightner D.V. Diseases diagnosis and control in North American marine aquaculture. Amsterdam; Oxford: Elsevier Science Publishers, 1988. 431 pp.
- Slattery M. Fungal pathogenesis of the sea fan *Gorgonia ventalina*: direct and indirect consequences // Chemoeology. 1999. Vol. 9. P. 97–104.
- Strongman D.B., Morrison C.M., McClelland G. Lesions in the musculature of captive American plaice *Hippoglossoides platessoides* caused by the fungus *Hormoconis resiniae* (Deuteromycetes) // Dis Aquat Org. 1997. V. 28. P. 107–113.
- Teng S.K., Yu H., Tong L., Choi C.I., Kang D., Liu H., Chun Y., Juliano R.O., Rautalahti-Miettinen E., Daler D. Yellow Sea // Global International Waters Assessment / GIWA Regional assessment 34 // (http://www.unep.org/dewa/areas/reports/r34/giwa_regional_assessment_34.pdf). Проверено 20.02.2012.
- Wang Shu-jin, Hu Jiang-chun, Xue De-lin, Ma Chen-xin, Xie Qiu-hong, Liu Quan-yong (Обследование морских микробных ресурсов близ г. Юньхэ, в проливе Бохай и в офшорной зоне провинции Ляонин (Китай) // Jinzhou shifan xueyuan xuebao. Ziran kexue ban J. Jinzhou Norm. Coll. Natur. Sci. Ed. 2001. V. 22. No 1. С. 1–5.
- Working Group on Introductions and Transfers of Marine Organisms (WGITMO). Oostende, Belgium. 16 – 17 March, 2006.

Внешний вид некоторых штаммов и микрофотографии мицелиальных грибов из балластных вод и осадков судов, поступающих в порт Владивостока из портов Японии и Китая

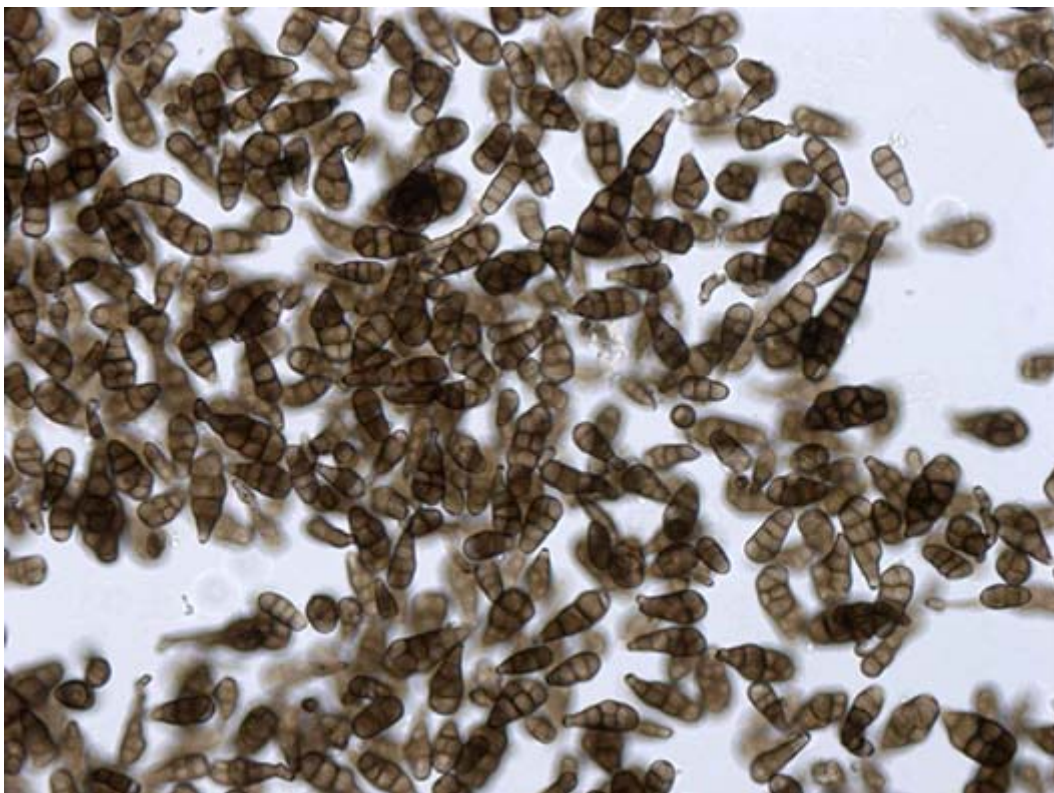


Фото 1. Конидии анаморфного гриба *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl. (Leica DM 4500).

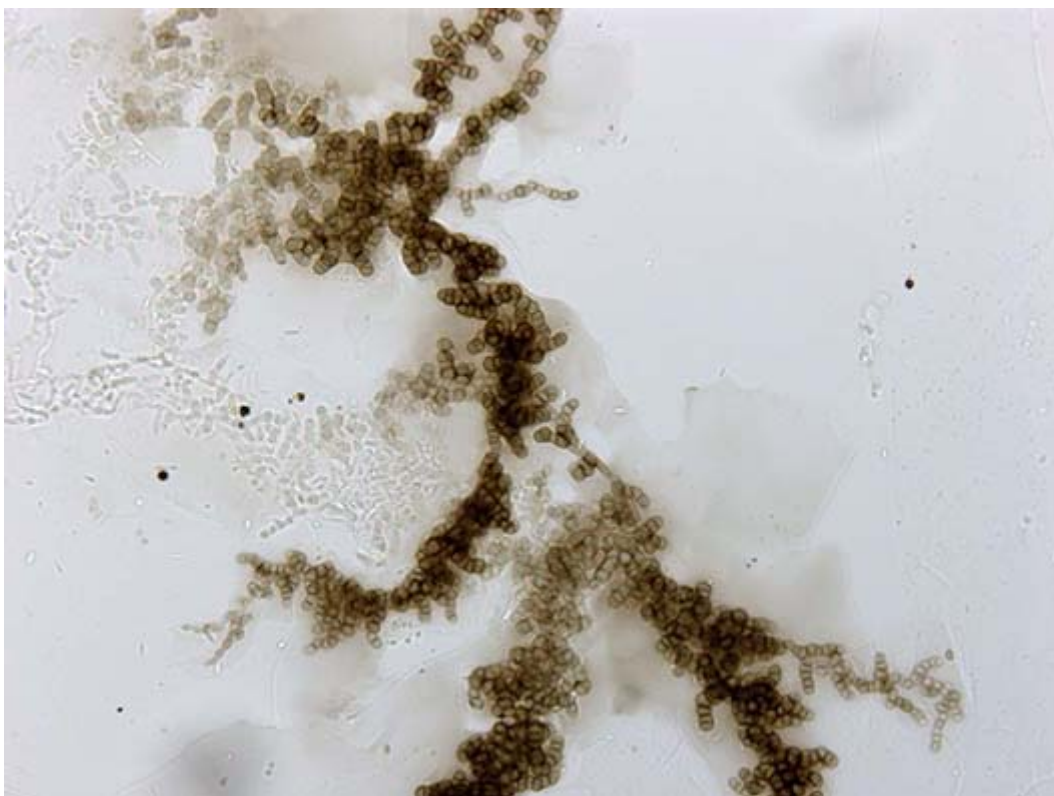


Фото 2. Анаморфный гриб *Aureobasidium pullulans* (de Bary) G. Arnaud (Leica DM 4500).

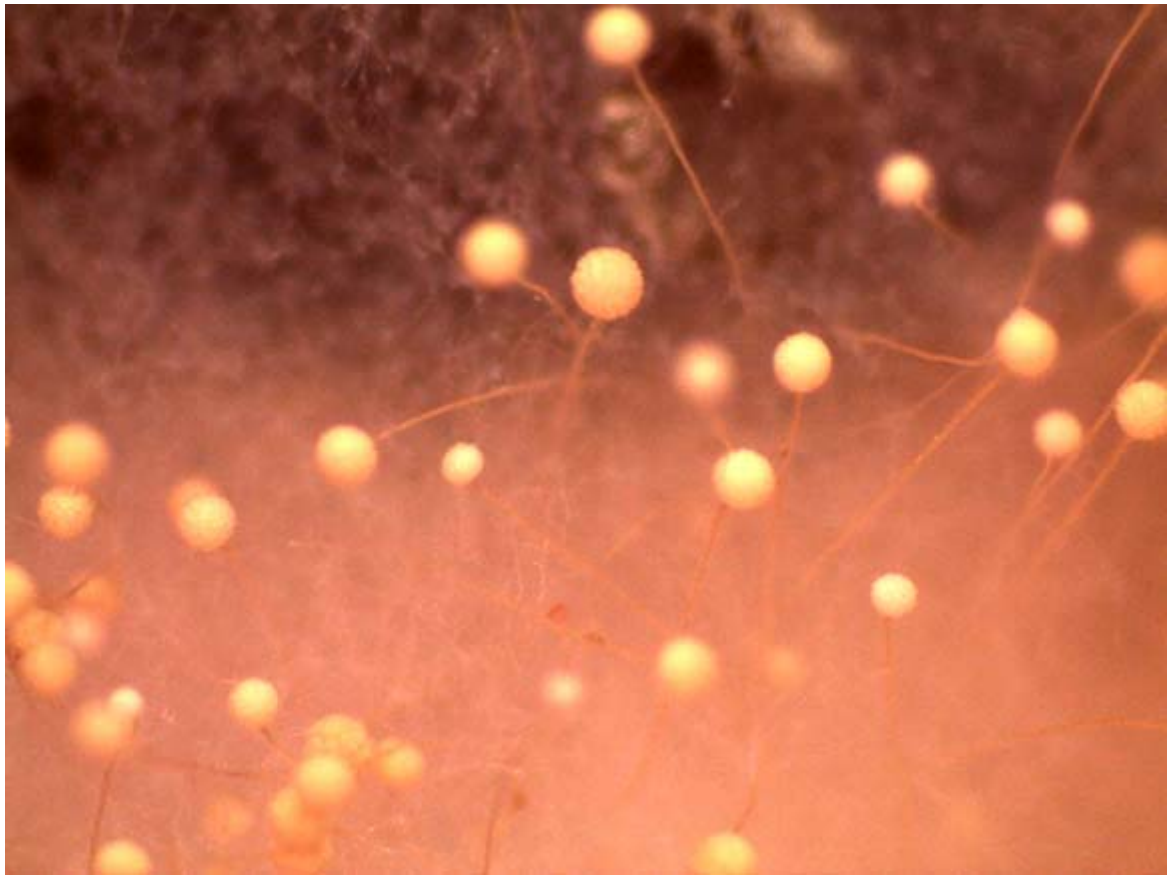


А



Б

Фото 3. Анаморфный гриб *Aspergillus candidus* Link: внешний вид штамма на агаризованной питательной среде (А), конидиальный аппарат (Б) (Leica DM 4500).



А



Б

Фото 4. Зигомицет *Mucor luteus* Linnemann: стереофотография (А) (Leica EZD 4), микрофотография (Б) Leica DM 4500).

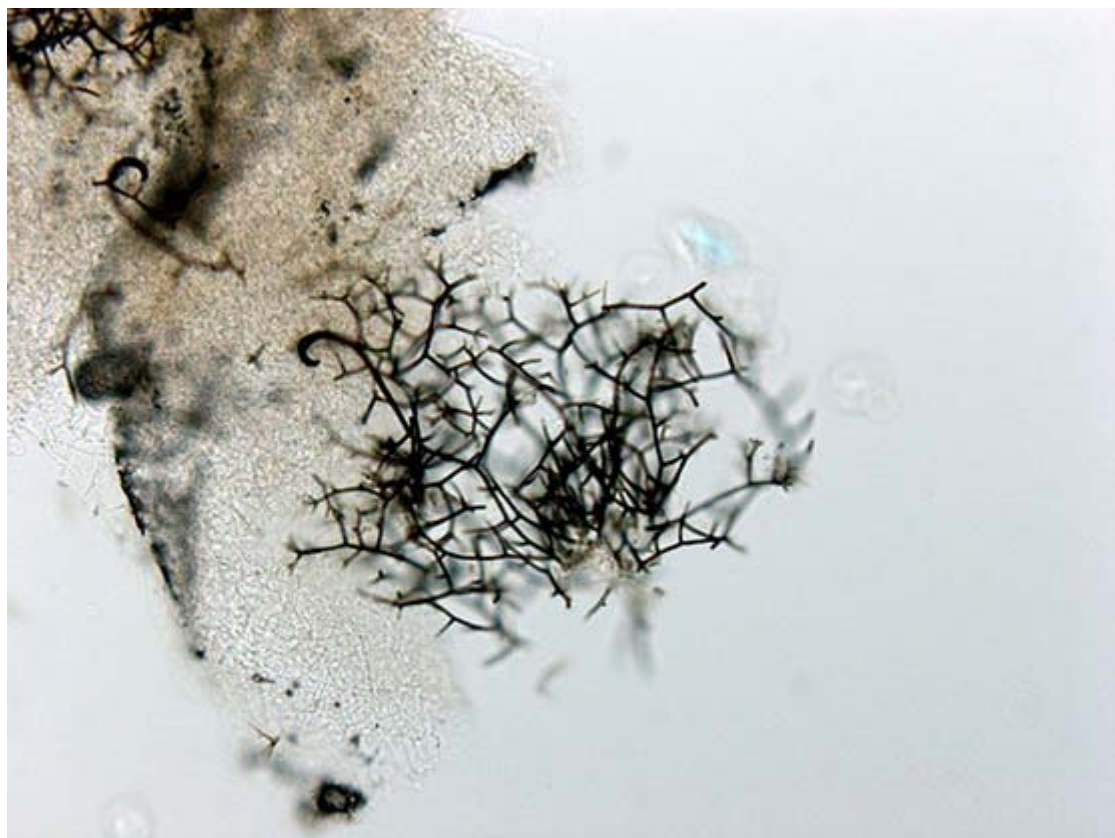


Фото 5. Сумчатый гриб *Myxotrichum chartarum* Kunze (Leica DM 4500).

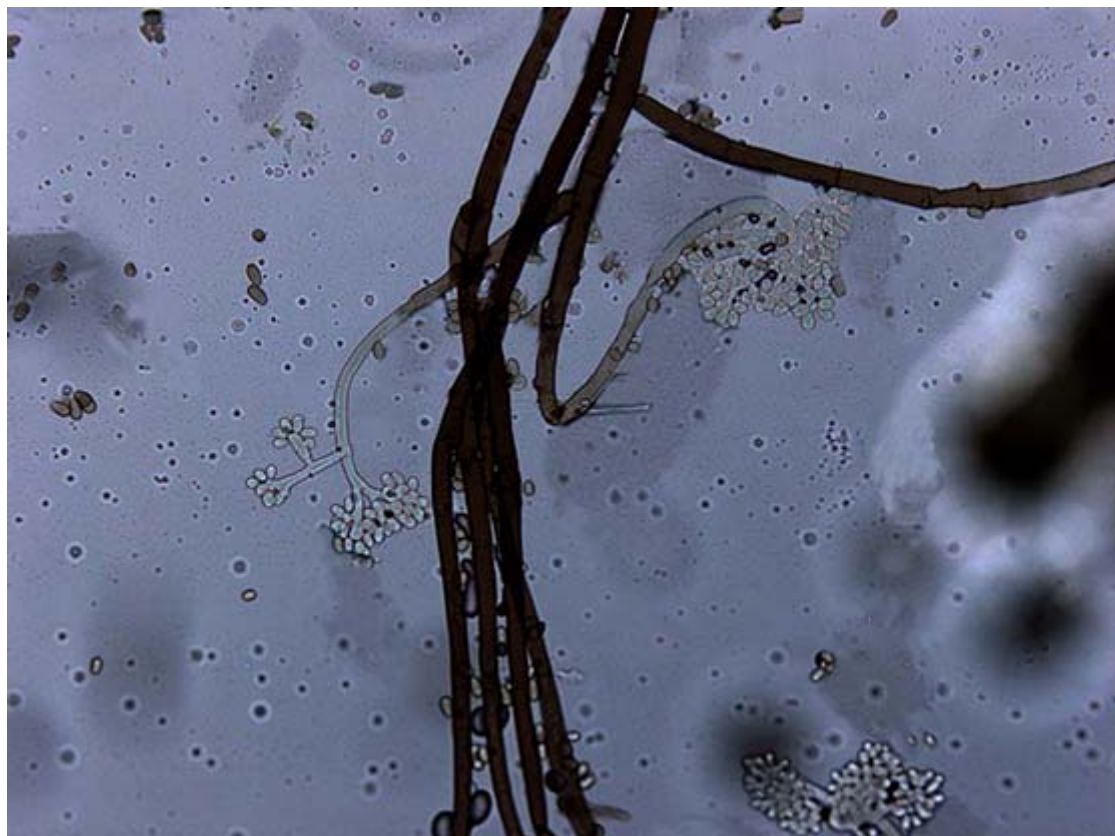


Фото 6. Анаморфный гриб *Botrytis cinerea* Pers.ex Fries (Leica DM 4500).



Фото 7. Штамм *Aspergillus melleus* Yukawa.

MYCOLOGICAL STUDY OF BALLAST WATERS AND SEDIMENTS OF COMMERCIAL SHIPS IN VLADIVOSTOK PORT

© 2012 Zvereva L.V., Zvyagintsev A.Yu., Ivin V.V.

A.V. Zhirmunsky Institute of Marine Biology, Far East Branch of the Russian Academy of Sciences,
Vladivostok, 690059, Palchevskogo St. 17, e-mail: ayzvyagin@gmail.com

The mycological study of ballast waters and sediments of commercial ships, which ply in the Russian- Japanese and Russian-Chinese lines, is carried out in the port of Vladivostok for the first time. Forty three taxa of mycelial fungi of 11 genus of anamorphic fungi and zygomycetes are discovered in the ballast waters and in the sediments, among which the species from the genera *Aspergillus* (14) and *Penicillium* (9) prevail. The mycelial fungi *Aspergillus japonicus* and *A. sclerotiorum* from the ballast waters were not encountered in the marine localities (sea water, benthic sedimentations) in the coastal areas of Peter the Great Bay (the Sea of Japan). The taxonomic composition of mycelial fungi and the ecological-biological characteristic of the discovered species in the ballast waters and the sediments testify to the significant anthropogenic impact on the coastal ecosystems in the region of the Bohai Bay of the Yellow Sea and Yangtze River. These data determine the nature of ecological risk with bioinvasions of fungi into the Far-Eastern seas of Russia.

Keywords: ballast waters and sediments of commercial ships, mycelial fungi, bioinvasions, ecological risk.