

воздействием ассоциации 1 было утилизировано 85,8 и 68,8% нефти при 1%-ном и 3%-ном загрязнении соответственно. Ассоциация 2 была менее активна. За этот же период убыль нефти в среде составила 77,2 и 65,6%. При этом для обеих ассоциаций титр клеток составлял 10^7 КОЕ/мл.

Литература

1. Бутаев, А. М. Каспий: статус, нефть, уровень / А. М. Бутаев. – Махачкала, 1999. – 221 с.
2. Nuri R. M. Study of bioremediation of hydrocarbons contaminated seawater / R. M. Nuri, H. Z. Saad // Int. J. Res. Pharm. Biomed. Sci. – 2012. – Vol. 3, № 4. – P. 1436–1441.
3. Hassanshahian, M. Crude oil biodegradation in the marine environments / M. Hassanshahian, S. Cappello // Biodegradation – Engineering and Technology / ed. by R. Chamy, F. Rosenkranz. – InTech, 2013. – P. 101–135.
4. Advances in microbial bioremediation and the factors influencing the process / J. Srivastava [et al.] // Int. J. Environ. Sci. Technol. – 2014. – Vol. 11. – P. 1787–1800.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЛАЗМЕННЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ МАТЕРИАЛОВ ОТ КОНТАМИНАЦИИ ПЛЕСНЕВЫМИ ГРИБАМИ

**Арашкова А. А.¹, Гончарова И. А.¹, Филатова И. И.²,
Люшкевич В. А.², Бордусов С. В.³, Мадвейко С. И.³**

¹*Институт микробиологии НАН Беларуси, Минск, Беларусь,
sorbic@mbio.bas-net.by*

²*Институт физики НАН Беларуси, Минск, Беларусь*

³*Белорусский государственный университет информатики
и радиоэлектроники, Минск, Беларусь*

В настоящее время одни из главных направлений применения низкотемпературной неравновесной плазмы – плазменная медицина и биология [1]. Плазма с успехом применяется для поверхностной обработки материалов и декомпозиции неорганических и органических соединений. Стерилизационный эффект плазмы обеспечивается сочетанным действием ультрафиолетового

излучения и активных частиц, генерируемых при ионизации газа электрическим разрядом [2]. В то же время, несмотря на большое количество опубликованных работ, посвященных проблеме плазменной инактивации микроорганизмов, вопросы плазменной очистки материалов от микроскопических грибов остаются недостаточно изученными.

Цель данной работы – исследование влияния низкотемпературной газоразрядной плазмы на микроскопические грибы рода *Aspergillus*, вызывающие плесневое поражение целлюлозных материалов.

Образцы бумаги, контаминированной грибами, обрабатывали низкотемпературной плазмой высокочастотного (ВЧ) разряда при частоте поля 5,28 МГц, давлении 200 Па между двумя параллельными электродами. Обработку плазмой сверхвысокочастотного (СВЧ) разряда проводили при 100 Па непосредственно в зоне свечения плазмы и на расстоянии 15–25 см от СВЧ разряда, индуцированного генератором с частотой 2,45 ГГц. В качестве плазмообразующего газа выступал воздух. Диэлектрический барьерный разряд возбуждался с частотой 1 кГц при атмосферном давлении.

Характер воздействия плазменной обработки оценивали путем подсчета колониеобразующих единиц (КОЕ) на опытных образцах и ростовым характеристикам тест-культур до и после воздействия плазмы, включая определение длительности лаг-фазы, скорости радиального роста, интенсивности спороношения, пигменто- и кислотообразование.

Результаты исследования показали, что кратковременное действие ВЧ плазмы низкого давления на мицелий *A. niger* и *A. versicolor* (1–5 мин) в отличие от бактерий практически влияет на жизнеспособность микромицетов, фунгицидный эффект наблюдается только при относительно длительной экспозиции. Увеличение времени воздействия на мицелий до 20 мин снизило количество КОЕ грибов на 2–3 порядка. Выживаемость спор тест-культур после длительной обработки ВЧ плазмой была выше по сравнению с мицелием. Анализ ростовых характеристик грибных колоний, не утративших жизнеспособность после плазменной

обработки, выявил снижение ростовой и пигментирующей активности у штаммов *A. versicolor*. В то же время у некоторых штаммов *A. niger* происходило увеличение скорости роста мицелия, интенсивности спороношения, а также усиление кислотообразования во внешнюю среду.

Для достижения фунгицидного эффекта СВЧ плазмы по отношению к микромицетам минимальное время воздействия составило 3 мин. Однако данный режим сопровождался нагревом образцов до 90 °С, что ограничивает его применение в целях деконтаминации термочувствительных материалов (бумаги, кожи, шелка и др.).

При размещении образцов в зоне послесвечения – на расстоянии 15–25 см от источника СВЧ излучения – термическое воздействие отсутствовало, однако не проявился и антифунгальный эффект. Воздействие плазмы в течение 1–5 мин, не оказав заметного действия на ростовую активность *A. niger* и *A. versicolor*, привело к интенсификации спорообразования, кроме того вызвало у *A. niger* стимуляцию выделения органических кислот во внешнюю среду.

Установлено, что наиболее эффективным нетермическим способом деконтаминации бумаги от грибов рода *Aspergillus* является плазма диэлектрического барьерного разряда при атмосферном давлении в режиме 30-минутной обработки при частоте следования импульсов 1 кГц на расстоянии 2 мм от образца до разрядной трубки. Данные параметры плазменного воздействия позволили осуществить физический отрыв грибных спор и их инактивацию.

Апробация данного метода в музейных условиях позволила провести очистку страниц книги XIX в. от ксеротолерантных грибов (*A. versicolor*, *Penicillium* sp.), выделенных из участков страниц со следами биоповреждения.

Таким образом, сравнительное изучение воздействия газоразрядной плазмы на грибы рода *Aspergillus* показало, что плазменные методы могут быть использованы для санирующей обработки термочувствительных материалов, контаминированных плесневыми грибами.

Литература

1. The effect of low-temperature plasma on fungus colonization of winter wheat grain and seed quality / L. Kordas [et al.] // Pol. J. Environ. Stud. – 2015. – Vol. 24, № 1. – P. 433–438.

2. Влияние ультрафиолетового излучения и излучения плазмы импульсного искрового разряда на зародышевые структуры и мицелий микромицетов-деструкторов / А. А. Ичеткина [и др.] // Вестн. Нижегород. ун-та. – 2011. – № 2 (2). – С. 196–201.

МЕХАНИЗМЫ БАКТЕРИАЛЬНОЙ КОНВЕРСИИ ФАРМПолЛЮТАНТОВ ГРУППЫ НЕСТЕРОИДНЫХ ПРОТИВОВОСПАЛИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ

Ившина И. Б.

*Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН,
Пермь, Россия, ivshina@iegm.ru
Пермский государственный национальный исследовательский
университет, Пермь, Россия*

На основе последних достижений обсуждаются механизмы разложения фармполлютантов группы нестероидных противовоспалительных средств (НПВС) актинобактериями, специфические особенности взаимодействия «фармполлютант – микроорганизм», а также эффективные способы нейтрализации и выведения фармполлютантов из водных и сухопутных экосистем. Приводятся новые фундаментальные данные, способствующие углубленному пониманию процессов, происходящих с фармполлютантами – «новыми ксенобиотическими загрязнителями» («emerging contaminants», PhACs) в окружающей среде.

На примере диклофенака натрия, дротаверина гидрохлорида и парацетамола, занимающих одно из ведущих мест среди наиболее распространенных безрецептурных НПВС и наиболее часто детектируемых в природной окружающей среде [1–3], изучена кинетика и механизмы процессов их метаболизации, осуществляемых с участием актинобактерий. Для изыскания эффективных