

*М. А. Поух, А. А. Арашкова**

**ВЛИЯНИЕ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ
ПЛАЗМЫ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО РАЗРЯДА НА ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ
ПЛЕСНЕВЫХ ГРИБОВ**

*Научные руководители: канд. физ.- мат. наук, зам. зав. лаб. И. И. Филатова**,
канд. биол. наук, вед. науч. сотр. И. А. Гончарова**

*Кафедра медицинской и биологической физики,
Белорусский государственный медицинский университет, г. Минск
*Институт микробиологии НАН Беларуси, г. Минск
**Институт физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси, г. Минск*

*Резюме. Исследовано влияние низкотемпературной плазмы на биологические свойства микроскопических грибов, выделенных из очагов плесневого поражения музейных предметов и произведений искусства на биополимерной основе. Установлена высокая эффективность плазменной инактивации грибов видов *A. niger* и *A. versicolor*.*

Ключевые слова: низкотемпературная плазма, высокочастотный разряд, плесневые грибы, инактивация.

Resume. An influence of low-temperature plasma on the biological properties of microscopic fungi isolated from the centers of mold defeat of museum objects and works of art on the basis of the biopolymer was investigated. It has been revealed high efficiency of plasma inactivation of fungi species

A. niger and A. versicolor.

Keywords: *low temperature plasma, radio-frequency discharge, mold fungi, inactivation.*

Актуальность. Актуальной проблемой современной экологии и медицины является очистка материалов от плесневых грибов, поражению которыми подвергается широкий спектр материалов на биополимерной основе, в том числе объекты культурного наследия. Споры плесневых грибов также представляют серьезную угрозу для здоровья человека, так как большинство из них является экзогенными биологическими аллергенами. В частности, грибы рода *Aspergillus* способны вызывать глубокие микозы у людей с ослабленным иммунитетом. Жизнедеятельность плесневых грибов (развитие мицелия, продукция агрессивных экзометаболитов) приводит к необратимым изменениям внешнего вида и структуры объектов биоповреждения. Сложной задачей является защита от плесневого поражения культурных ценностей, которые невозможно очистить механическими способами от различных наслоений. В последние годы предложен эффективный, экологически чистый метод деконтаминации материалов, с использованием низкотемпературной плазмы, воздействие которой при оптимальных режимах обработки не нарушает структуру материала, что является важным условием обработки термочувствительных материалов.

Сформировалось новое направление в физике газоразрядной плазмы, связанное с ее биомедицинскими приложениями для стерилизации твердых поверхностей. Все большую актуальность приобретают работы, направленные на исследование возможности применения плазменных технологий в области защиты промышленных материалов, оборудования, электроники от биоповреждений и микробиологически индуцированной коррозии. Выбор параметров плазмы, при которых осуществляется безопасное и неразрушающее воздействие, является одной из основных физических задач [1, 2].

Целью работы является изучение влияния низкотемпературной неравновесной плазмы высокочастотного (ВЧ) разряда на жизнеспособность мицелия и спор микромицетов.

Задачи:

- исследовать изменение жизнеспособности плесневых грибов после плазменного воздействия;
- проанализировать ростовые характеристики грибных колоний, не утративших жизнеспособность после плазменной обработки;
- определить возможность использования плазменных методов для очистки поверхностей материалов.

Материалы и методы. В качестве тест-культур использовали грибы рода *Aspergillus*, которые высевали на модельные образцы целлюлозы. Контаминированные образцы бумаги обрабатывали низкотемпературной плазмой емкостного высокочастотного (5,28 МГц) разряда в атмосфере воздуха при давлении 200 Па [3]. Время обработки составляло 1, 5 и 20 минут. Степень микробной обсемененности материалов до и после воздействия низкотемпературной плазмы

определяли путем смывов с последующим подсчетом жизнеспособных колониобразующих единиц (КОЕ) и оценкой ростовых характеристик, включающих скорость роста мицелия, интенсивность спороношения и пигментообразования [4,5].

Результаты и их обсуждение. Установлено, что обработка мицелия *A.niger* и *A.versicolor* низкотемпературной ВЧ плазмой в течение 1–5 минут практически не влияет на жизнеспособность микромицетов (рисунок 1).

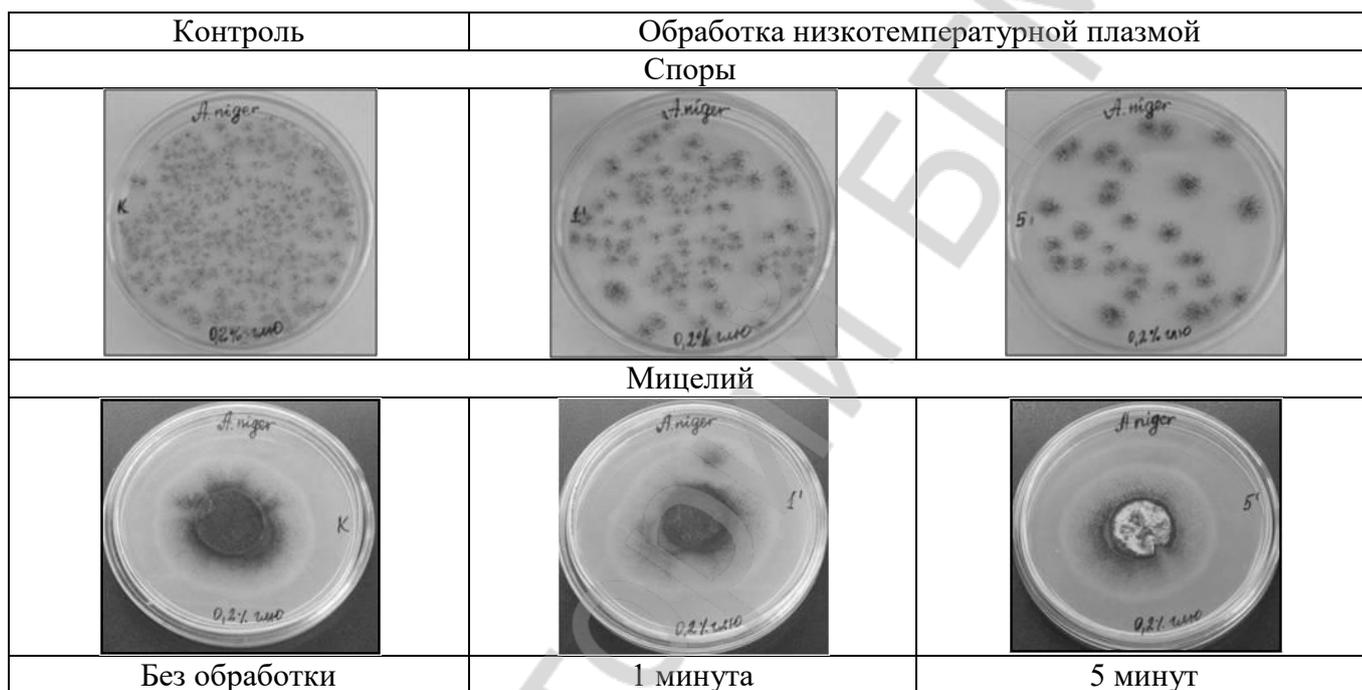


Рисунок 1 – Жизнеспособность *A. niger* после обработки низкотемпературной плазмой ВЧ разряда

Увеличение времени воздействия до 20 минут снизило количество жизнеспособных КОЕ грибов на 2–3 порядка (таблица 1).

Таблица 1. Количество КОЕ *A.niger* и *A.versicolor* после 1, 5 и 20 минут обработки низкотемпературной плазмой ВЧ разряда при низком давлении

Время обработки, мин	КОЕ/см ²	
	<i>A.niger</i>	<i>A.versicolor</i>
Без обработки	4,6 – 7,5 × 10 ⁷	2,5 – 4,3 × 10 ⁷
1	1,8 – 5,0 × 10 ⁶	3,0 – 6,8 × 10 ⁷
5	2,4 – 8,2 × 10 ⁵	2,3 – 7,1 × 10 ⁶
20	1,9 – 6,6 × 10 ⁴	1,6 – 3,4 × 10 ⁵

После только вакуумного воздействия (рисунок 2б) выживаемость *A.niger* практически не отличалось от контроля (рисунок 2а). Оценка жизнеспособности спор *A.niger* после 20 минутной обработки ВЧ плазмой низкого давления (рисунок 2в) показала более высокий уровень выживаемости по сравнению с мицелием, количество КОЕ *A.niger* после плазменной обработки снизилось в 3–15 раз.

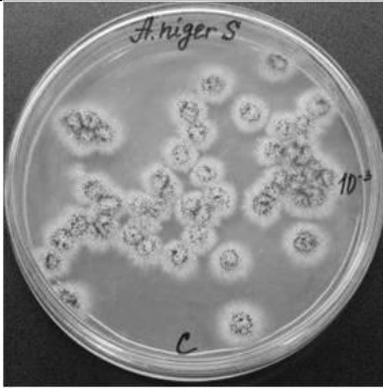
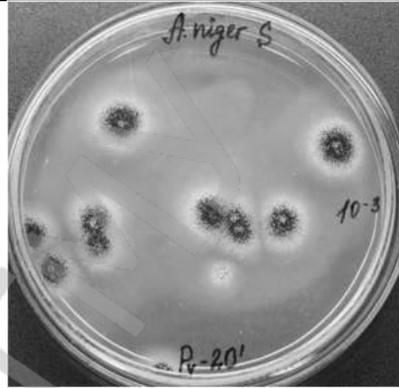
Без обработки	Вакуумная обработка 20 мин	ВЧ плазма низкого давления 20 мин
		
а) $2,7 - 7,2 \times 10^6$	б) $1,2 - 1,8 \times 10^6$	в) $4,9 - 9,2 \times 10^5$

Рисунок 2 – Количество КОЕ *A.niger* (КОЕ/см²) после 20 минут обработки вакуумом и низкотемпературной плазмой ВЧ разряда при низком давлении

Анализ ростовых характеристик грибных колоний, не утративших жизнеспособность после плазменной обработки, выявил повышение ростовой активности *A.niger*, заключающейся в увеличении скорости роста мицелия в 1,3 раза, усилении спороношения и выделении пигмента (рисунок 2в). В случае вакуумной обработки интенсивность роста и спороношения была аналогична контролю (таблица 2).

Таблица 2. Культуральные признаки *A.niger* через 3-е суток культивирования на среде Чапека-Докса после 20 минут обработки вакуумом и низкотемпературной плазмой ВЧ разряда при низком давлении

Вариант	Диаметр колоний, мм		Интенсивность спороношения*	Экзопигмент (желтый)
	Мицелиальная зона	Конидиальная зона		
Без обработки (контроль)	12-19	8-13	+	-
Вакуумная обработка	13-20	9-14	+	-
ВЧ плазма	14-24	9-17	++	++

*Степень интенсивности: – полное отсутствие, + слабая, ++ сильная.

Выводы:

1. Изучено влияние низкотемпературной плазмы на биологические свойства микроскопических грибов, выделенных из очагов плесневого поражения музейных предметов и произведений искусства на биополимерной основе.

2. Установлено, что обработка низкотемпературной плазмой высокочастотного разряда в воздухе в течение 20 минут приводит к снижению степени контаминации тестируемого биополимерного материала спорами плесневых грибов в 3-15 раз, а мицелием на 2-3 порядка.

3. Результаты свидетельствуют о возможности использования плазменных методов для очистки поверхностей термочувствительных материалов на

биополимерной основе.

*M. A. Poukh, A. A. Arashkova**

**THE EFFECT OF LOW-TEMPERATURE PLASMA OF RADIO-FREQUENCY
DISCHARGE ON THE VIABILITY OF MOLD FUNGI**

*Tutors: Candidate of Physico-Mathematical Sciences I. I. Filatova**,*

*Candidate of Biological Sciences I. A. Gontcharova**

Department of medical and biological physics

Belarusian State Medical University, Minsk

**Institute of Microbiology of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk*

***B. I. Stepanov Institute of Physics, National Academy of Sciences of Belarus*

Литература

1. Зуймач, Е.А. Бактерицидное действие плазмы скользящих разрядов в воздухе /Е.А. Зуймач // Медицинский альманах. – 2013. – №3. – С. 50-52.
2. Балданов, Б.Б. Воздействие плазменных струй слаботочного искрового разряда на микроорганизмы (на примере *Escherichia coli*) / Б.Б. Балданов // Журнал технической физики. – 2015. – Т. 85. – №11. – С. 156-158.
3. Ажаронок, В.В. Исследования бактерицидного действия плазмы высокочастотного емкостного и барьерного разрядов на микроорганизмы / В.В. Ажаронок // ИФЖ. – 2009. – Т. 82. – №3. – С. 425–432.
4. Кириленко, Т.С. Атлас родов почвенных грибов / Т.С. Кириленко. – Киев: Наукова думка, 1977. – 127 с.
5. Иванова, А.Е. Влияние экологических факторов на способность к росту фрагментов мицелия и прорастание спор микроскопических грибов / А.Е. Иванова, О.Е. Марфенина // Микробиология. – 2001. – №2. – С. 235–240.