



---

## **МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ И БИОТЕХНОЛОГИЯ ЛЕСА**

### **МАТЕРИАЛЫ**

Международной школы конференции молодых учёных,

посвященной 80-летию Брянской государственной инженерно-  
технологической академии и профессору В.П. Тимофееву

(12-18 сентября 2011 года)

Издательство Московского государственного университета леса

Москва – 2011

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БАЗИДИАЛЬНЫХ ГРИБОВ В ТЕХНОЛОГИЯХ ПЕРЕРАБОТКИ И УТИЛИЗАЦИИ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ

Степанова Е.В.<sup>1,3</sup>, Кляйн О.И.<sup>1</sup>, Куликова Н.А.<sup>1,2,3</sup>, Королева О.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт биохимии им. А.Н. Баха РАН, г. Москва,

<sup>2</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,

<sup>3</sup>ООО «Велес», г. Москва, Россия.

E-mail: klein\_olga@list.ru.

**Ключевые слова:** базидиальные грибы, технологии переработки, техногенные отходы.

Одними из основных и самых многочисленных представителей живого царства являются грибы, которые населяют практически все экологические ниши. Базидиомицеты – высшие грибы с многоклеточным мицелием, к которым относятся около 30 тыс. видов. Хотя базидиомицеты встречаются в самых разнообразных экосистемах, включая луга, степи,

пустыни, наиболее широко они представлены в лесных экосистемах. Основная функция базидиомицетов в природе – разложение лигнина и целлюлозы, и именно эта способность привлекает пристальное внимание исследователей как с точки зрения понимания механизмов данного процесса, так с целью разработки биотехнологий утилизации древесных и растительных отходов.

Деградация биополимеров и ксенобиотиков в природе под действием лигнолитических ферментов базидиальных грибов является процессом, интенсивное изучение которого, прежде всего, вызвано потребностями создания экологически безопасных биотехнологий.

В настоящее время базидиальные грибы наиболее востребованы в технологиях очистки, требующих разложения лигнина и его модификаций. Лигнин- и лигнинцеллюлозные отходы образуются, главным образом, как результат сельскохозяйственной деятельности (солома), а также составляют значительную часть бытовых отходов и отходов деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности.

На протяжении последних лет интерес к использованию базидиомицетов для деградации лигноцеллюлозных материалов и ксенобиотиков значительно вырос. По-прежнему много исследований посвящено лигнолитическим ферментам, причем большинство работ посвящено разработке подходов к деградации ксенобиотиков и лигноцеллюлозных материалов, получению рекомбинантных штаммов продуцентов этих ферментов и увеличению их эффективности катализа, pH- и термостабильности.

Проведенный анализ литературы выявил, что в настоящее время использование базидиальных грибов в технологиях переработки и утилизации техногенных образований и отходов возможно по следующим основным направлениям:

- очистка загрязненных вод (в том числе сточные воды текстильной промышленности и ЦБК; воды, загрязненных нефтяными углеводородами; водная суспензия, остающейся после коагуляции латекса при производстве резины; сточные воды, содержащие тяжелые металлы и радионуклиды);

- очистка загрязненных почв (в том числе, загрязненных ксенобиотиками и, тяжелыми металлами);

- разложение труднодеградируемых субстратов (в том числе лигнин- и лигнинцеллюлозных отходов, низкоэнергетических углей и синтетических полимеров).

*Работа выполнена при финансовой поддержке ГК №16.512.11.2028 в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2012 годы»*

## USE OF BASIDIOMYCETES IN INDUSTRIAL WASTE PROCESSING AND UTILIZATION TECHNOLOGIES

**Stepanova E.V.**<sup>1,3</sup>, **Kulikova N.A.**<sup>2</sup>, **Klein O.I.**<sup>1</sup>, **Koroleva O.V.**<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*A.N. Bach Institute of Biochemistry, RAS, Moscow,*

<sup>2</sup>*Moscow State University, Moscow,*

<sup>3</sup>*Veles Ltd., Moscow, Russia.*

*E-mail: klein\_olga@list.ru.*

One of the basic and most numerous representatives of the living kingdom are fungi that inhabit practically all ecological niches. Basidiomycetes are higher fungi with multicellular mycelium which include approximately 30 thousand species. Although basidiomycetes are found in various ecosystems including meadows, steppes, and deserts, most commonly they are represented in the forest ecosystems. The main function of basidiomycetes in nature is to decompose lignin and cellulose. This ability attracts the attention of researchers both in terms of elucidation of lignin degradation mechanisms and in order to develop the biotechnologies of wood and plant waste utilization.

An intensive study of the enzymatic degradation of biopolymers and xenobiotics in the nature is primarily caused by the need to create environmentally friendly biotechnologies.

Currently, basidiomycetes are of most demand in technologies that require decomposition of lignin and its modifications. Lignin and lignocellulosic waste are produced mainly during agricultural activity (straw) and constitutes a considerable part of household waste as well as wood processing and pulp and paper industry waste.

Recently, the interest in using basidiomycetes for degrading lignocellulosic materials and xenobiotics has significantly increased. Numerous studies focus on investigation of ligninolytic enzymes, obtaining recombinant strains producing these enzymes, increasing the efficiency of catalysis, pH, and thermal stability as well as the development of approaches to the enzymatic degradation of xenobiotics and lignocellulosic materials.

The analysis of current state of art revealed that basidiomycetes can be used in technologies of processing and utilization of technogenic wastes in the following directions:

(1) Purification of contaminated water (including sewage water of textile industry and pulp and paper mills, water contaminated with petroleum hydrocarbons, water suspension remaining after latex coagulation in rubber industry, and waste water containing heavy metals and radionuclides);

(2) Soil decontamination (including soils contaminated with xenobiotics and heavy metals);

(3) Degradation of recalcitrant substrates (including lignin and lignocellulosic waste, low-energy coal, and synthetic polymers).

*This study was financially supported by Ministry of Education and Science of the Russian Federation (State Contract №16.512.11.2028).*

## **СКРИНИНГ ЭФФЕКТИВНЫХ ПРОДУЦЕНТОВ ЛАККАЗ С ОПРЕДЕЛЕННЫМИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ**

**Федорова Т.В., Голенкина С.А., Королева О.В.**

*Институт биохимии им. А.Н. Баха РАН, г. Москва, Россия.*

*E-mail: fedorova\_tv@mail.ru.*

**Ключевые слова:** базидиомицеты, лакказы, скрининг, гены, функциональные свойства, молекулярно-генетическая организация.

Базидиальные грибы играют ведущую роль в разложении растительных остатков в природе и являются важной составляющей в функционировании лесных экосистем, что прежде всего связано с их способностью синтезировать комплекс ферментов лигнолитического действия, осуществляющий ферментативную модификацию, трансформацию и деградацию одного из самых устойчивых природных биополимеров – лигнина. Комплекс лигнолитических ферментов включает лакказы, лигнинпероксидазы и марганец зависимые пероксидазы. Лакказа (п-дифенол: кислородоксидоредуктаза, КФ 1.10.3.2), медьсодержащая оксидаза играет ключевую роль в процессе разложения лигнина, что обуславливает ее применение в деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности.

В настоящее время остается актуальным поиск ферментов, обладающих свойствами, необходимыми для успешного использования в различных производственных процессах, такими как высокая стабильность в конкретных технологических условиях (высокие температуры, pH, присутствие органических растворителей и детергентов) и высокая каталитическая активность к неприродным субстратам.

Целью работы являлось установление основных закономерностей взаимосвязи между молекулярно-генетической организацией лакказ и их функциональными свойствами для оптимизации стратегии скрининга эффективных продуцентов лакказ с определенными свойствами.

Разработан алгоритм для проведения поиска эффективных продуцентов лакказ среди базидиомицетов, представителей афиллофороидных ксилотрофных грибов из семейств *Steccherinaceae* (*Antrodiella faginea*, *Steccherinum murashkinskyi*), *Polyporaceae* (*Coriolopsis caperata* и *Trametes gibbosa*) и *Pleurotaceae* (*Pleurotus ostreatus*), основанный на сравнительном анализе молекулярно-генетической организации лакказ и их функциональных свойств.