

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Северный (Арктический) федеральный университет
имени М.В. Ломоносова»

Е.В. Новожилов

**ПРИМЕНЕНИЕ ФЕРМЕНТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
В ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Монография

Архангельск



ИПЦ САФУ
2013

УДК 676:577.152
ББК 35.77:28.072
Н 74

Рецензенты:

кафедра химической технологии древесины Уральского государственного лесотехнического университета (г. Екатеринбург);
А.В. Канарский, профессор, доктор технических наук

Новожилов Е.В.

Н74 Применение ферментных технологий в целлюлозно-бумажной промышленности: монография / Е.В. Новожилов; Сев. (Арктич.) федер. ун-т. – Архангельск: ИПЦ САФУ, 2013. – 364 с.
ISBN 978-5-261-00828-6

В монографии с позиций современных представлений рассмотрен широкий круг вопросов, касающихся теории и практики применения ферментов в производстве целлюлозных волокнистых полуфабрикатов и бумаги.

Предназначена для исследователей и инженерно-технических работников, специализирующихся в области целлюлозно-бумажного производства и в области производства и промышленного применения ферментных препаратов, а также студентов, магистров, аспирантов.

*Рекомендовано к изданию ученым советом
Северного (Арктического) федерального университета*

УДК 676:577.152
ББК 35.77:28.072

ISBN 978-5-261-00828-6

© Новожилов Е.В., 2013
© Северный (Арктический)
федеральный университет, 2013

ПРЕДИСЛОВИЕ АВТОРА

В монографии впервые в отечественной научной литературе обобщены современные мировые достижения в области применения ферментных технологий в целлюлозно-бумажной промышленности. Автор на собственном опыте убедился, что использование ферментов как природных биологических катализаторов различных реакций открывает новые возможности в модификации свойств целлюлозных волокон, это актуальное и перспективное направление в производстве целлюлозы и бумаги, которое дополняет и совершенствует традиционно применяемые технологии.

Автор стремился таким образом изложить материалы монографии, чтобы ее содержание было полезно как для специалистов целлюлозно-бумажного производства, которые интересуются современными инновационными биотехнологиями, так и для биотехнологов, которые занимаются разработкой новых ферментных препаратов и их внедрением в различных отраслях промышленности.

При написании монографии были использованы результаты исследований, проведенных автором или выполненных под его научным руководством аспирантами кафедры биотехнологии И.В. Лобовой, А.С. Аксеновым, М.В. Емельяновой, А.В. Кондаковым, Е.В. Смирновым, Д.Н. Пошиной.

Особую благодарность автор выражает Синицыну Аркадию Пантелеймоновичу, профессору МГУ имени М.В. Ломоносова, за ценные советы и поддержку при работе над монографией и огромную помощь в подборе материала, опубликованного в отечественной и зарубежной печати.

Электронно-микроскопические исследования выполнены на оборудовании ЦКП НО «Арктика» Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова.

Профессор Новожилов Е.В.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие автора.....	3
Список сокращений.....	4
Введение	6
1. Природа ферментов и особенности ферментативного катализа химических реакций.....	9
1.1. Характеристика и классификация ферментов	9
1.2. Строение ферментов	12
1.3. Механизм каталитического действия ферментов	15
1.4. Свойства ферментов.....	21
1.5. Промышленное производство ферментов.....	31
Список литературы к главе 1.....	35
2. Характеристика ферментов, предлагаемых для применения в целлюлозно-бумажном производстве	39
2.1. Целлюлазы	39
2.1.1. Строение целлюлозы. Общая характеристика действия целлюлолитических ферментов на целлюлозу.....	39
2.1.2. Эндо- β -1,4-глюканазы	43
2.1.3. Экзоцеллобиогидролазы	45
2.1.4. Экзо- β -1,4-глюкозидазы	46
2.1.5. Целлобиазы	46
2.1.6. Механизм действия ферментов целлюлазного комплекса.....	46
2.2. Гемичеселлюлазы	61
2.2.1. Строение гемичеселлюлоз. Действие гемичеселлюлаз на гемичеселлюлозы древесины	61
2.2.2. Ксиланазы	67
2.2.3. Маннаназы.....	73
2.3. Ферменты, деградирующие лигнин	75
2.3.1. Строение лигнина. Общая характеристика лигнин-разрушающих ферментов.....	75
2.3.2. Лакказы и лакказа-медиаторные системы.....	80
2.3.3. Пероксидазы.....	84
2.4. Ферменты для деструкции компонентов древесной смолы	86
2.4.1. Общая характеристика смолистых веществ древесины. Виды ферментов, предлагаемых для деструкции компонентов древесной смолы.....	86
2.4.2. Липазы	89
2.4.3. Стеролэстеразы	92
2.4.4. Оксидоредуктазы для деструкции компонентов смолы.....	93
2.5. Пектиновые вещества и пектиндеструктирующие ферменты	93
2.6. Амилолитические ферменты.....	95

2.6.1. Строение крахмала. Общая характеристика амило- литических ферментов.....	95
2.6.2. α -амилаза	99
2.6.3. β -амилаза	100
2.6.4. γ -амилаза (глюкоамилаза).....	101
2.7. Другие ферменты, предлагаемые для применения в целлюлозно-бумажной промышленности	101
Список литературы к главе 2.....	104
3. Биотехнологические процессы при подготовке древесины к химико-механической переработке.....	132
3.1. Окорка древесины с использованием ферментов.....	132
3.2. Биоварка древесины.....	133
3.3. Обессмоливание древесины.....	140
Список литературы к главе 3.....	144
4. Ферментные технологии в производстве механической массы.....	150
4.1. Ферментативная обработка механической массы на стадии рафинирования.....	150
4.2. Обессмоливание механической массы	154
4.3. Модификация волокон механической массы.....	158
4.4. Ферментативная обработка оборотных вод производства механических масс.....	165
Список литературы к главе 4.....	168
5. Ферментные технологии в производстве волокнистых целлюлозных полуфабрикатов.....	176
5.1. Характеристика волокнистых целлюлозных полуфаб- рикатов, получаемых промышленными способами варки.....	176
5.2. Отбелка целлюлозы	181
5.2.1. Применение окислительных ферментов для делигни- фикации целлюлозы в процессе отбелки	181
5.2.2. Ферментативная обработка ксиланазами.....	189
5.2.3. Ферментативная обработка маннаназами	202
5.3. Ферментативная обработка целлюлозы для химической переработки	204
5.4. Обессмоливание целлюлозы.....	211
Список литературы к главе 5.....	220
6. Ферментные технологии в производстве бумаги и картона из целлюлозы	240
6.1. Направления ферментативной модификации целлюлозных волокон	240
6.2. Развитие бумагообразующих свойств волокон в процессе размола	241

6.3. Модификация целлюлозных волокон ксиланазами	247
6.4. Модификация волокон целлюлазами	252
6.4.1. Модификация неразмолотых волокон	252
6.4.2. Модификация волокон целлюлазами в сочетании с размолотом	264
6.5. Модификация размолотых волокон	275
Список литературы к главе 6	284
7. Ферментные технологии в производстве бумаги и картона из макулатуры	291
7.1. Направления использования ферментов при переработке макулатуры	291
7.2. Удаление типографской краски	394
7.3. Облагораживание макулатурной массы путем удаления отработанного крахмального связующего	307
7.4. Снижение затрат энергии на размол вторичного волокна	328
7.5. Улучшение обезвоживания и повышение скорости бумагоделательной машины	329
7.6. Контроль липких загрязнений	334
Список литературы к главе 7	338
8. Применение ферментов в целлюлозно-бумажной промышленности для очистки сточных вод и переработки осадков	348
Список литературы к главе 8	355
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	359