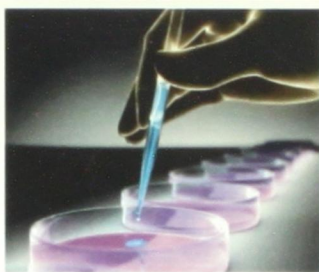
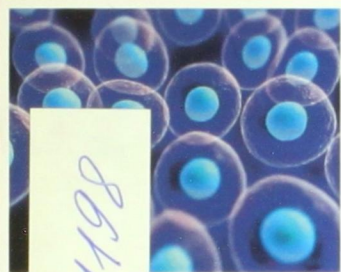


НА ДОМ НЕ ВЫДАЕТСЯ

22-1198

**БИОКОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
НА ОСНОВЕ БИОПОЛИМЕРОВ,  
ПОЛУЧЕННЫХ ПУТЕМ  
МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО СИНТЕЗА**



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
МОРДОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
им. Н. П. ОГАРЁВА»**

**БИОКОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
НА ОСНОВЕ БИОПОЛИМЕРОВ,  
ПОЛУЧЕННЫХ ПУТЕМ  
МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО СИНТЕЗА**

**МОНОГРАФИЯ**

**САРАНСК  
ИЗДАТЕЛЬСТВО МОРДОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА  
2021**

УДК 60:579.6  
ББК Е07  
Б 63

Авторы:

**В. В. Ревин, Д. А. Кадималиев, В. В. Шутова, Е. В. Лияськина, Н. В. Новокушнев,  
А. О. Богатырева, Н. Б. Назарова, М. В. Щавкин, Н. Желев, Гуанг Янг**

Рецензенты:

кафедра биохимии и биофизики ФГБОУ ВО «Саратовский национальный  
исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского»  
(заведующий – С. А. Коннова, доктор биологических наук, профессор);  
А. С. Сироткин, декан факультета пищевых технологий, заведующий кафедрой  
промышленной биотехнологии ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский  
технологический университет», доктор технических наук, профессор

*Работа выполнена при финансовой поддержке грантов Министерства науки и высшего  
образования Российской Федерации (проект №FZRS-2020-0003) и РФФИ (проект  
№19-515-80002)*

**Биокомпозиционные материалы на основе биополимеров,  
полученных путем микробиологического синтеза** : монография /  
В. В. Ревин, Д. А. Кадималиев, В. В. Шутова [и др.]. – Саранск : Изд-во  
Мордов. ун-та, 2021. – 332 с.

ISBN 978-5-7103-4219-0

Б 63

Монография посвящена фундаментальным и прикладным основам получения биокомпозиционных материалов на основе биополимеров. Подобраны оптимальные условия культивирования продуцентов биополимеров (бактерий и лигнолитических грибов), накопления ферментов и полисахаридов, участвующих в образовании биокомпозиционных и влияющих на их функциональные свойства. Использование отходов пищевой промышленности в средах для культивирования дает возможность создать безотходные технологии. Рассматриваются биокомпозиционные материалы из лигноцеллюлозного сырья, материалы на основе микробных полисахаридов (декстрана, левана, бактериальной целлюлозы) и биоразлагаемые белково-полисахаридные материалы.

Предназначено для магистрантов, аспирантов, сотрудников биологических факультетов, специалистов, занимающихся созданием и производством новых материалов, а также может быть полезно студентам, обучающимся по направлениям подготовки «Биотехнология».

ISBN 978-5-7103-4219-0

© Коллектив авторов, 2021  
© ФГБОУ ВО «МГУ  
им. Н. П. Огарёва», 2021  
© Оформление. Издательство  
Мордовского университета, 2021

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Глава 1. БИОКОМПОЗИЦИОННЫЕ ПРЕССОВАННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ИЗ ЛИГНОЦЕЛЛЮЛОЗНОГО СЫРЬЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛИГНОЛИТИЧЕСКИХ ГРИБОВ</b> .....	3
Введение.....	3
1.1. Перспективные технологии лигноуглеводных композитов.....	3
1.2. Биодegradация лигноцеллюлозных субстратов <i>L. tigrinus</i> – основа получения композитов из биомодифицированного сырья.....	5
1.2.1. Химический состав лигноцеллюлозных субстратов.....	5
1.2.2. Общая характеристика дереворазрушающих грибов.....	6
1.2.3. Особенности биодegradации лигнина различных субстратов.....	8
1.2.4. Изменение химического состава древесных опилок при различных условиях культивирования.....	18
1.2.5. Изменение химического состава отходов хлопчатника при различных условиях культивирования.....	26
1.3. Получение прессованных материалов из отходов растительного сырья, обработанных <i>L. tigrinus</i> .....	29
1.3.1. Влияние условий обработки грибом на физико-механические свойства биопластиков.....	29
1.3.2. Влияние условий обработки грибом на физико-механические свойства прессованных материалов из отходов хлопчатника.....	30
1.3.3. Влияние условий прессования на физико-механические свойства биопластиков.....	32
1.3.4. Механизмы участия лигнина в формировании свойств биопластиков.....	35
1.3.5. Экологические характеристики биопластиков.....	37
Заключение.....	37
<b>Глава 2. БИОКОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ МИКРОБНЫХ ПОЛИСАХАРИДОВ ДЕКСТРАНА И ЛЕВАНА</b> .....	39
Введение.....	39
2.1. Микробные полисахариды декстран и леван и их получение.....	39
2.2. Вторичное сырье биотехнологических производств как основа для биосвязующих.....	50
2.3. Биокomпозиционные материалы на основе декстрана <i>L. mesenteroides</i> .....	52
2.3.1. Оптимизация условий синтеза декстрана <i>L. mesenteroides</i> в средах на основе мелассы, сыворотки и послеспиртовой барды.....	52
2.3.2. Изучение адгезивных свойств культуральной жидкости <i>L. mesenteroides</i> , содержащей технический декстран.....	63
2.3.3. Получение прессованных композиционных материалов из отходов древесины с применением декстрансодержащего связующего.....	69

2.4. Биокмпозиционные материалы на основе левана <i>A. vinelandii</i> .....	74
2.4.1. Оптимизация условий синтеза левана <i>A. vinelandii</i> в средах на основе мелассы, сыворотки и послеспиртовой барды .....	74
2.4.2. Получение прессованных композиционных материалов из отходов древесины с применением левансодержащего связующего .....	77
2.4.3. Получение биокмпозиционных материалов с использованием в качестве связующих лигносульфоната и культуральной жидкости, содержащей леван .....	85
2.5. Сорбенты тяжелых металлов и радионуклидов, содержащие микробные полисахариды .....	88
Заключение .....	100
Библиографический список к главам 1 и 2 .....	100
<b>Глава 3. ПОЛУЧЕНИЕ БИОКОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ БАКТЕРИАЛЬНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ .....</b>	<b>125</b>
Введение .....	125
3.1. Строение и свойства бактериальной целлюлозы .....	125
3.2. Продуценты бактериальной целлюлозы .....	131
3.3. Биосинтез бактериальной целлюлозы .....	143
3.4. Получение бактериальной целлюлозы .....	152
3.4.1. Влияние условий культивирования продуцента на образование и свойства бактериальной целлюлозы .....	152
3.4.2. Получение бактериальной целлюлозы на отходах биотехнологических производств .....	169
3.5. Биокмпозиционные материалы на основе бактериальной целлюлозы ...	175
3.6. Получение нанокристаллической бактериальной целлюлозы и ее использование при создании композитных материалов .....	192
3.7. Адсорбционные свойства нанофибриллярной бактериальной целлюлозы .....	221
Заключение .....	230
Библиографический список .....	231
<b>Глава 4. БИОРАЗЛАГАЕМЫЕ БЕЛКОВО-ПОЛИСАХАРИДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ .....</b>	<b>261</b>
Введение .....	261
4.1. Классификация и применение органических полимеров и пленок .....	261
4.2. Способы получения органических полимеров и пленок .....	265
4.3. Биоразлагаемые пленки и материалы с применением полисахаридов .....	269
4.4. Биоразлагаемые полимеры на основе природных белков и протеинов .....	277
4.5. Биоразлагаемые полимеры на основе полимолочной кислоты .....	280
4.6. Биоразлагаемые материалы из полигидроксипропирирата .....	283
Заключение .....	284
Библиографический список .....	285

<b>Глава 5. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ</b> .....	292
5.1. Методы исследования к главам 1 и 2 .....	292
5.1.1. Культивирование лигнолитических грибов .....	292
5.1.2. Методы определения активности лигнолитических ферментов.....	293
5.1.3. Выделение лигнина и исследование продуктов его биодеградаци и биодеградаци .....	294
5.1.4. Аналитические методы.....	296
5.1.5. Культивирование продуцента декстрана .....	297
5.1.6. Культивирование <i>A. vinelandii</i> D-08.....	299
5.1.7. Испытание клеевых композиций .....	299
5.1.8. Прессование и испытание биопластиков.....	301
5.1.9. Определение физико-механических показателей .....	302
5.1.10. Определение экологических показателей .....	304
5.1.11. Методы исследования полисахаридов, культуральных жидкостей и композиционных материалов .....	306
5.1.12. Статистическая обработка данных .....	309
5.2. Методы исследования к главе 3.....	309
5.2.1. Получение бактериальной целлюлозы .....	309
5.2.2. Выделение и очистка бактериальной целлюлозы.....	310
5.2.3. Получение аэрогелей бактериальной целлюлозы.....	310
5.2.4. Получение композитов на основе БЦ и фузидовой кислоты .....	310
5.2.5. Атомно-силовая микроскопия .....	310
5.2.6. Определение антибактериальной активности биокompозитов .....	311
5.2.7. Получение нанокристаллической целлюлозы из БЦ .....	311
5.2.8. Определение сорбционной способности бактериальной целлюлозы по отношению к ионам $Cu^{2+}$ .....	311
5.3. Методы исследования к главе 4.....	311
5.3.1. Определение физико-механических свойств пленок .....	311
5.3.2. Определение силы разрыва и коэффициента растяжения .....	311
5.3.3. Определение паропроницаемости пленок .....	312
Библиографический список .....	312
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	315
<b>СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ</b> .....	317