

Ю.И. ГРИШИН  
Е.А. МАНДРЫКА  
Н.Е. МЕЛЬНИКОВА

# **БИОЛОГИЧЕСКАЯ РЕГЕНЕРАЦИЯ ВЕЩЕСТВ:**

ОСНОВНЫЕ  
ПРОЦЕССЫ,  
СИСТЕМЫ,  
ОБОРУДОВАНИЕ



**Ю.И. Гришин, Е.А. Мандрыка, Н.Е. Мельникова**

**БИОЛОГИЧЕСКАЯ РЕГЕНЕРАЦИЯ ВЕЩЕСТВ:  
ОСНОВНЫЕ ПРОЦЕССЫ, СИСТЕМЫ,  
ОБОРУДОВАНИЕ**

Москва  
ИПО «У Никитских ворот»  
2014

УДК 581.16  
ББК 42+22.7

**Ю.И. Гришин, Е.А. Мандрыка, Н.Е. Мельникова**

Биологическая регенерация веществ:

Основные процессы, системы, оборудование

– М.: ИПО «У Никитских ворот», 2014. – 496 с.

ISBN 978-5-91366-745-8

Цель настоящей книги – обобщить и систематизировать разрозненную информацию по процессам и нестандартному оборудованию систем биологической регенерации веществ, получивших активное развитие в последние десятилетия прошлого века в связи со всеобщим мировым интересом, проявленным к созданию биорегенерационных систем жизнеобеспечения экипажей космических объектов. Рассмотрены основные процессы и новые культуры биообъектов таких систем в аспекте использования их как экологически чистых также в «земных» целях: в технике охраны окружающей среды, в медицине, в животноводстве, в защитных сооружениях для экстремальных ситуаций, в решении проблемы питания населения.

Поскольку решения биорегенерационных технологий достигаются объединенными усилиями специалистов разных и многих областей науки и техники (биологов, микробиологов, медиков, биотехнологов, биохимиков, биофизиков, зоологов, экологов, инженеров и др.), для их взаимопонимания в заключительном разделе приведены краткие объяснения часто упоминаемых в тексте терминов и определений. Для облегчения поиска нужного литературного источника список литературы составлен с полными названиями книг, статей или докладов.

Книга рассчитана на специалистов по космической биологии и медицине, а также биотехнологов, экологов, инженеров и специалистов других профессий, интересующихся вопросами биологической регенерации веществ. Материалы книги будут полезны студентам университетов и вузов по специальностям: инженерная экология, прикладная биотехнология, системы жизнеобеспечения человека.

**Научный редактор:**

**Быков В.А.** – д-р техн. наук, академик РАСХН, академик РАН.

**Рецензенты:**

**Синяк Ю.Е.** – д-р техн. наук, канд. хим. наук, проф., академик Международной академии астронавтики, Академии технологических наук РФ, Российской академии космонавтики им. К.Э. Циолковского (ГНЦ РФ ИМБП РАН);

**Луканин А.В.** – д-р техн. наук, проф. (кафедра ЮНЕСКО Техника экологии чистых производств МГУ машиностроения).

ISBN 978-5-91366-745-8

© Ю.И. Гришин,  
Е.А. Мандрыка,  
Н.Е. Мельникова, 2014

---

## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие .....	4
Введение .....	6
<b>Глава 1. Общие сведения о процессах регенерации и биорегенерационных технологиях .....</b>	<b>11</b>
<b>Глава 2. Основные процессы биологической регенерации веществ .....</b>	<b>20</b>
2.1. Автотрофный синтез .....	21
2.1.1. Фотосинтез .....	21
2.1.2. Хемосинтез .....	25
2.2. Гетеротрофный синтез .....	28
2.2.1. Микробный синтез .....	30
2.2.2. Биосинтез животных .....	37
2.3. Клеточная и тканевая регенерация (культуры тканей) .....	42
2.4. Биотрансформация и минерализация .....	46
2.4.1. Биотрансформация и минерализация микроорганизмами .....	47
2.4.2. Биотрансформация и минерализация беспозвоночными животными .....	54
<b>Глава 3. Биологические объекты регенерационных технологий .....</b>	<b>64</b>
3.1. Микроводоросли .....	64
3.1.1. Разнообразие и практическое значение микроводорослей .....	64
3.1.2. Биомасса микроводорослей как кормовое средство .....	70
3.1.3. Одноклеточные водоросли как пищевое сырьё .....	76
3.1.4. Новые лечебные субстанции из водорослей .....	80
3.2. Бактерии .....	86
3.2.1. Бактерии как продуценты полезных веществ .....	87
3.2.2. Водородные бактерии и карбоксибактерии .....	93
3.2.3. Активный ил и биопленки .....	96
3.3. Грибы .....	100
3.4. Высшие культурные растения .....	106
3.5. Животные .....	118
3.6. Сравнительная пищевая ценность микроорганизмов как вероятных биообъектов систем жизнеобеспечения человека .....	125



<b>Глава 4. Технологические схемы биорегенерационных систем с использованием культур микроорганизмов.</b>	145
4.1. Системы с использованием культур микроводорослей	147
4.1.1. Производство кормовой биомассы микроводорослей	147
4.1.2. Очистка сточных вод с использованием микроводорослей	161
4.1.3. Очистка воздушной среды с использованием микроводорослей	174
4.1.4. Системы переработки биомассы микроводорослей	181
4.1.4.1. Комплексная переработка биомассы	181
4.1.4.2. Производство белкового гидролизата	185
4.1.4.3. Производство лекарственных субстанций	188
4.2. Системы с использованием культур бактерий и грибов	194
4.2.1. Производство гаприна на основе природного газа	195
4.2.2. Производство кормовых дрожжей на основе гидролизатов растительных отходов	197
4.2.3. Производство кормовых белковых продуктов на основе спиртов	199
4.2.4. Производство чистых аминокислот	200
4.2.5. Производство концентрата лизина	203
4.2.6. Биосинтез белка водородными бактериями	206
4.2.7. Производство кормовых препаратов антибиотиков	211
4.2.8. Производство кормовых препаратов витаминов	214
4.2.9. Производство бактериальных удобрений	216
4.2.10. Воспроизводство грибной биомассы из непищевых растительных отходов	218
4.2.11. Воспроизводство ферментных препаратов на отходах сельского хозяйства и пищевой промышленности	226
<b>Глава 5. Биорегенерационные системы жизнеобеспечения человека (Б СЖО)</b>	230
5.1. Основные типы систем жизнеобеспечения человека	230
5.2. Требования к биологическим звеньям Б СЖО по обеспечению санитарно-гигиенических показателей для человека	234
5.3. Некоторые практические результаты испытаний биорегенерационных систем	241
5.4. Культуры растений как основное звено Б СЖО	255
5.5. Расчетные параметры перспективных Б СЖО	260

---

<b>Глава 6. Основное технологическое оборудование биорегенерационных систем</b> . . . . .	283
6.1. Классификация оборудования для культивирования биологических объектов . . . . .	283
6.2. Культиваторы микроводорослей и фотореакторы . . . . .	287
6.2.1. Схемы основных конструкций . . . . .	287
6.2.2. Методы расчета основных конструкций . . . . .	307
6.2.2.1. Расчет плоскопараллельных фотореакторов с искусственным освещением . . . . .	308
6.2.2.2. Расчет культиваторов с комбинированным освещением . . . . .	311
6.3. Биореакторы (ферментёры) . . . . .	315
6.4. Оборудование для поверхностного культивирования . . . . .	334
6.5. Культиваторы высших растений (оранжереи). . . . .	337
6.6. Культиваторы животных (птиц) . . . . .	369
6.7. Биологические минерализаторы . . . . .	376
<b>Глава 7. Специфическое дополнительное оборудование биорегенерационных систем</b> . . . . .	388
7.1. Световые облучатели. . . . .	389
7.2. Концентраторы углекислого газа (адсорберы) . . . . .	400
7.3. Массообменное оборудование (абсорберы) и газожидкостные разделители . . . . .	409
7.4. Фильтры-сгустители . . . . .	420
7.5. Электродиализаторы . . . . .	433
<b>Глава 8. Проблемы современной глобальной экологии и биорегенерационные системы</b> . . . . .	436
8.1. Парниковые газы . . . . .	436
8.2. Топливная энергетика . . . . .	441
8.3. Использование солнечной энергии . . . . .	445
8.4. Утилизация отходов. . . . .	449
8.5. Актуальность создания замкнутых биорегенерационных систем жизнеобеспечения . . . . .	452
<b>Заключение</b> . . . . .	457
<b>Термины и определения</b> . . . . .	460
<b>Литература</b> . . . . .	481