

ĐẠI HỌC QUỐC GIA THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH
VIỆN MÔI TRƯỜNG VÀ TÀI NGUYÊN

Hans-Joachim Jordening, Josef Winfer

GIÁO TRÌNH

CÔNG NGHỆ SINH HỌC MÔI TRƯỜNG

Lý Thuyết và Ứng Dụng

Dịch giả: Lê Phi Nga

Hoàng Thị Thanh Thủy

Đinh Xuân Thắng

Nguyễn Như Hà Vy



ĐẠI HỌC QUỐC GIA THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH
VIỆN MÔI TRƯỜNG VÀ TÀI NGUYÊN



Hans-Joachim Jordening, Josef Winter

GIÁO TRÌNH

CÔNG NGHỆ SINH HỌC MÔI TRƯỜNG

LÝ THUYẾT VÀ ỨNG DỤNG

ENVIRONMENTAL BIOTECHNOLOGY

CONCEPTS AND APPLICATIONS



Dịch giả:

- **Lê Phi Nga**
- **Hoàng Thị Thanh Thúy**
- **Đinh Xuân Thắng**
- **Nguyễn Như Hà Vy**

NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC QUỐC GIA
TP. HỒ CHÍ MINH – 2014

LỜI MỞ ĐẦU

Vì những lo ngại gia tăng về các vấn đề môi trường gây ra do sử dụng quá mức các nguồn nhiên liệu hóa thạch gắn liền với sản xuất hóa chất tinh sạch đã dẫn đến việc tập trung nghiên cứu để tìm ra các vật liệu thay thế thân thiện với môi trường hơn. Ở đây, công nghệ sinh học đã mang lại cơ hội để cải thiện chất lượng môi trường và tác động vào các tiêu chuẩn sản xuất với các lý do:

- Tạo ra các vật liệu tái chế dùng thay thế cho nguồn nhiên liệu hóa thạch;
- Sản xuất có kiểm soát các chất xúc tác sinh học chuyên biệt;
- Phát triển các kỹ thuật sản xuất mới và cải thiện được môi trường khi sử dụng các cơ chất ít tinh khiết hơn và phát sinh ít sản phẩm phụ hơn;
- Các sản phẩm sinh học là những chất không độc và có thể tái chế lại được

Một vài nghiên cứu ban đầu về ứng dụng công nghệ sinh học trong công nghiệp, đăng bài ở tạp chí OECD, đã đúc kết rằng công nghệ sinh học có khả năng làm giảm đầu tư ban đầu và chi phí vận hành để tạo ra những quá trình bền vững hơn (OECD1 và OECD2). Tuy nhiên, chỉ đến ngày nay, tính bền vững của quá trình mới được chấp nhận rộng rãi hơn những gì đã đi vào kinh điển được gọi là “cuối đường ống” – dạng công nghệ nhất thiết phải có để xử lý chất thải.

Năm 1972 câu lạc bộ Rome đã công bố nghiên cứu của họ mang tên “Giới hạn của sự phát triển” và tiên đoán về giai đoạn cạn kiệt nguồn năng lượng và tài nguyên cơ bản như là hệ quả tất yếu của sự phát triển theo cấp lũy thừa về dân số và công nghiệp hóa (Meadows và cộng sự, 1972). Mặc dù sự tiên đoán có tính định lượng của Dennis Meadows và đồng nghiệp của ông ta không hoàn toàn thỏa mãn nhưng những lý do mang tính định tính ấy được ngày nay chấp nhận. Bên cạnh sự cạn kiệt nguồn tài nguyên để sản xuất hàng hóa thiết yếu thì giới hạn về việc thải bỏ chất thải công nghiệp sao cho tương thích với sinh thái và kinh tế cũng cần phải được quan tâm ngày một nhiều hơn. Việc thải bỏ chất ô nhiễm trạng thái rắn hoặc lỏng xuống đất hay khí thải

lên không khí cũng chỉ có giới hạn và là vấn đề được quan tâm chính hiện nay, bởi vì môi trường nước hay không khí không thể nào tiếp nhận những chất thải này lâu hơn nữa mà không gây những tác động bất lợi cho sinh thái cũng như cuộc sống con người. Việc oxy hóa sản phẩm hữu cơ dư thừa cuối cùng bằng cách đốt, hay êm ái hơn đó là bằng hô hấp sinh học trong môi trường đất lục địa hay môi trường nước đều dẫn đến việc tăng thành phần khí carbon dioxide trong không khí như ghi nhận mấy chục năm gần đây, do vậy, làm ảnh hưởng đến các dạng khí hậu. Việc tăng khí carbon dioxide này là kết quả của đốt nhiên liệu hóa thạch từ các động cơ giao thông, đốt nhiên liệu hóa thạch và than đá trong các quá trình sản xuất công nghiệp và để sưởi ấm nhà ở. Tăng nồng độ khí carbon dioxide từ việc đốt nhiên liệu hóa thạch và từ sự phân hủy sinh học là nguyên nhân chính dẫn đến "Hiệu ứng nhà kính".

Trong khi đất ô nhiễm bởi chất thải, rồi sau đó bởi sản phẩm chuyển hóa sinh học của chất thải đó có thể chỉ mang tính địa phương hay là vấn đề chỉ của một quốc gia hoặc ô nhiễm các hợp chất bay hơi vào không khí, các chất rắn hòa tan vào nước mưa hay nước ngầm cũng còn có thể chặn được thì ô nhiễm nước mặt và khí quyển lan truyền rất nhanh và ảnh hưởng toàn cầu. Những thay đổi của vòng tuần hoàn của các hợp chất hữu cơ chứa carbon, nitơ, phospho, lưu huỳnh và halogen gây nên mất cân bằng sinh thái và đe dọa sự sống. Trong báo Brundtland có bài "Tương lai chung của chúng ta" (Haußf, 1987) đã cho rằng cần phải bắt đầu một "Sự phát triển bền vững". Khái niệm này dần dần đã chiếm được mối quan tâm và trở nên hiện thực hơn ở Hội nghị "Môi trường và sự phát triển" do Liên Hiệp Quốc tổ chức tại Rio de Janeiro năm 1992, từ đó đưa đến một chương trình hành động mang tên "Agenda 21". Phát triển bền vững là để bảo tồn nền tảng cho thế hệ mai sau, nó đối lập với việc khai thác những nguồn tài nguyên và năng lượng không thể tái tạo lại và do vậy vòng tuần hoàn của sự sống đang dường như ngừng lại.

Để hỗ trợ cho vòng tuần hoàn của sự sống đòi hỏi mỗi chúng ta quan tâm đến giảm thiểu phát thải bằng cách đưa ra quy định bắt buộc tái chế chất thải, việc sản xuất và sử dụng hàng hóa cần phải giảm đến mức tối thiểu lượng chất thải, ví dụ ở Đức có Luật chất thải KrW/AbfG 1996 cụ thể hóa từ Nghị quyết của Hội đồng Châu Âu, khóa 91/156/EEC. Để biến mục tiêu thành hành động thì các nước công nghiệp đã phát triển phải đi đầu, sau đó ứng dụng sang các nước kém phát triển hơn hoặc nước đang phát triển.

Công nghệ sinh học môi trường khởi đầu từ việc xử lý nước thải sinh hoạt ở những khu vực thành thị ở cuối thế kỷ 19 đầu thế kỷ 20 (Hartmann, 1999).

Sang nửa sau của thế kỷ 20, công nghệ này đã và đang được tiếp tục mở rộng sang các lĩnh vực xử lý ô nhiễm đất, làm sạch khí thải tại nguồn, làm sạch nước mặt và nước ngầm, xử lý chất thải công nghiệp, đưa các kỹ thuật mới vào hoạt động chôn lấp rác thải hợp vệ sinh và ủ phân compost.

Các quá trình để bảo vệ môi trường nước và đất lục địa được tóm tắt trong cuốn sách đầu tiên "Công nghệ sinh học", cuốn sách chỉ có một tập. Vài chục năm sau, cuốn "Công nghệ sinh học" tái bản lần thứ hai, trong đó đã đề cập đến những vấn đề như nêu ở trên với thông tin được cập nhật và được viết bởi những chuyên gia hàng đầu của Châu Âu và Mỹ. Mặc dù được mô tả rất chặt chẽ nhưng những vấn đề bao gồm ở trên buộc phải phát hành thành 3 cuốn. Volume 11a (Environmental Process I – Waste water treatment -1999) có tiêu đề "Quá trình 1- Xử lý nước thải" đề cập đến những vấn đề chung, những quá trình để khử bỏ carbon, nitơ và phospho trong xử lý nước thải và làm ổn định bùn kị khí. Volume 11b (Environmental Process II- Soil decontamination xuất bản 2000) có tiêu đề "Quá trình 2 - Xử lý ô nhiễm đất" tổng quan những khía cạnh vi sinh vật và những quá trình có thể ứng dụng làm sạch đất theo cách thức sinh học. Volume 11c (Environmental Process III – Solid Waste and Waste Gas Treatment, Preparation of Drinking Water-2000) mang tên "Quá trình 3 - Xử lý chất thải rắn, xử lý khí thải và sản xuất nước uống", cuốn này đề cập tới các vấn đề chung, vi sinh vật học và các quá trình xử lý chất thải rắn, và về việc làm sạch khí thải và nước cấp.

Cuốn sách mới này mang tên **Công nghệ sinh học môi trường** bao gồm tất cả những vấn đề đã được đề cập trong 3 cuốn Volume 11a, Volume 11b và Volume 11c như nêu ở trên, nhưng với một cách thức toàn diện hơn. Chính những tác giả được mời viết ở đây đã đem lại cơ hội để cập nhật các thông tin cũng như những thành tựu mà họ đạt được trong lĩnh vực này trong những năm gần nhất. Ví dụ, mặc dù đã có rất nhiều công trình nghiên cứu từ xa xưa cho xử lý nước thải sinh hoạt là loại bỏ các hợp chất nitrogen, tuy nhiên các nghiên cứu áp dụng quá trình sinh học mới cho vấn đề này ở phòng thí nghiệm và ở quy mô pilot vẫn được tiếp tục công bố mới đây. Các quá trình xử lý này hoạt động khi nguồn carbon bổ sung yêu cầu ở mức rất thấp. Mặc dù các quá trình này chưa được ứng dụng rộng rãi, nhưng đã được khảo sát chi tiết ở quy mô pilot hay ứng dụng riêng lẻ ở một số nhà máy xử lý nước thải. Các kết quả dường như đáng mong đợi và rất có thể có tầm quan trọng trong tương lai.

Các tác giả và những người biên tập của cuốn sách này hy vọng rằng với cái nhìn toàn diện được trình bày ở đây về các quá trình của công nghệ sinh

học môi trường cho việc xử lý chất thải ở trạng thái rắn, lỏng và khí sẽ giúp sinh viên và các nhà nghiên cứu có nhanh các thông tin căn bản cùng với một tổng quan tốt về cơ sở sinh học và các quá trình sinh học liên quan. Nhờ vậy, đây có thể là nền tảng hữu ích hay một điểm khởi đầu để cho những nghiên cứu sâu sau này.

Karlsruhe và Braunschweig, tháng 9 năm 2004

*Josef Winter, Claudia Gallert,
Đại học Tổng hợp Karlsruhe, Đức*

*Hans- Joachim Jördening,
Đại học Tổng hợp Braunschweig, Đức*

MỤC LỤC

CHỮ VIẾT TẮT	xxiii
DANH MỤC BẢNG	xxviii
DANH MỤC HÌNH	xxxix

Chương 1. Quá trình trao đổi chất của vi khuẩn trong các hệ thống xử lý nước thải, Claudia Gallert và Josef Winter	1
1.1. Giới thiệu	1
1.2. Sự phân hủy các hợp chất carbon hữu cơ trong hệ sinh thái tự nhiên và nhân tạo	2
1.2.1. Sinh học cơ bản, sinh khối và cân bằng năng lượng của quá trình phân hủy hiếu khí các chất cao phân tử sinh học	4
1.2.1.1. Sinh khối và cân bằng năng lượng trong hô hấp hiếu khí glucose và cố định bùn hoạt tính	6
1.2.1.2. Sinh khối, cân bằng năng lượng trong hô hấp kỵ khí glucose và cố định bùn hoạt tính	9
1.2.2. Đánh giá tổng quát về sự chọn lựa hệ thống xử lý nước thải hiếu khí hay kỵ khí	11
1.2.3. Thủy phân các cao phân tử sinh học hiếu khí hay kỵ khí: các khía cạnh động học	12
1.2.4. Thủy phân cellulose bằng vi sinh vật hiếu khí: các khía cạnh sinh học	13
1.2.5. Quá trình phân hủy sinh khối với sự hiện diện của chất nhận điện tử vô cơ và thông qua chuỗi thức ăn kỵ khí	17
1.2.6. Vai trò của hydrogen phân tử và acetate trong quá trình phân hủy kỵ khí các cao phân tử sinh học	21
1.2.7. Sự chuyển đổi kỵ khí các cao phân tử sinh học thành methane và CO ₂	23
1.2.7.1. Phân hủy carbohydrate trong nước thải bằng con đường kỵ khí	24
1.2.7.2. Phân hủy protein bằng con đường kỵ khí	27

1.2.7.3. Phân hủy chất béo và lipid trung tính bằng con đường kỵ khí	30
1.2.8. Sự cạnh tranh của vi khuẩn khử sulfate với các vi khuẩn sinh methan trong bể phản ứng methan.....	32
1.2.9. Hàm lượng và thành phần của khí sinh học trong quá trình lên men carbohydrate, protein và chất béo	34
1.3. Quá trình loại nitơ trong hệ thống xử lý nước thải	35
1.3.1. Quá trình ammonia hóa	36
1.3.2. Quá trình nitrate hóa ammonia.....	36
1.3.2.1. Nitrate hóa tự dưỡng.....	36
1.3.2.2. Nitrate hóa dị dưỡng.....	38
1.3.3. Khử nitrate hóa: loại bỏ nitrate khỏi nước thải	38
1.3.4. Kết hợp nitrate hóa và khử nitrate hóa	40
1.3.5. Ôxy hóa ammonia kỵ khí (Anamox)	41
1.3.6. Các quá trình mới loại bỏ Nitơ	43
1.4. Quá trình loại phosphate bằng biện pháp tăng cường sinh học	44
1.5. Loại bỏ sinh học, chuyển hóa sinh học và hấp thụ sinh học các ion kim loại từ nước thải bị ô nhiễm	47
1.5.1. Quá trình khử sulfate và quá trình kết tủa ion kim loại	51
1.6. Phân hủy hiếu khí và kỵ khí các chất không có nguồn gốc sinh học	52
1.7. Bổ sung vi sinh vật vào các bể xử lý nước thải để thúc đẩy phân hủy các chất không có nguồn gốc sinh học.....	56
Tài liệu tham khảo	59

Chương 2. Các nguồn nước thải công nghiệp và chiến lược xử lý, Karl-Heiz Rosenwinkel, Ute Austerman-haun, và Hartmut Mayer	73
2.1. Giới thiệu và các mục tiêu	73
2.2. Các phân đoạn dòng nước thải từ các nhà máy công nghiệp	74
2.2.1. Tôm tắt	74
2.2.2. Nước mưa.....	74
2.2.3. Nước thải từ các khu vệ sinh và lao động	75
2.2.4. Nước làm lạnh.....	76

2.2.5. Nước thải từ nhà máy sản xuất nước sạch.....	76
2.2.6. Nước thải sản xuất.....	76
2.3. Các loại và tác động của các thành phần nước thải.....	77
2.3.1. Nhiệt độ.....	77
2.3.2. pH.....	77
2.3.3. Các thành phần làm tắc nghẽn.....	78
2.3.4. Tổng chất rắn, chất rắn lơ lửng, chất rắn có thể lọc, chất rắn có thể lắng	78
2.3.5. Các chất hữu cơ.....	78
2.3.6. Các muối dinh dưỡng (nitơ, phosphorus, sulfur)	79
2.3.7. Các chất độc hại	79
2.3.8. Các chất gây ăn mòn.....	80
2.3.9. Các chất tẩy rửa, tẩy trùng, và bôi trơn	81
2.4. Các quá trình tổng quát trong vấn đề xử lý nước thải công nghiệp ..	81
2.4.1. Thông tin tổng quát	81
2.4.2. Sự bảo vệ môi trường đi kèm với sản xuất.....	82
2.4.3. Các bước xử lý điển hình ở một nhà máy xử lý nước thải	83
2.5. Thành phần nước thải và các chiến lược xử lý trong công nghiệp chế biến thực phẩm	83
2.5.1. Thông tin tổng quát	83
2.5.2. Các nhà máy đường.....	84
2.5.3. Các nhà máy chế biến tinh bột	87
2.5.4. Sản xuất dầu thực vật và mỡ thực vật	90
2.5.5. Chế biến khoai tây	93
2.5.6. Các lò mổ	95
2.5.7. Công nghiệp chế biến sữa.....	97
2.5.8. Công nghiệp nước ép trái cây và giải khát	99
2.5.9. Các nhà máy bia	101
2.5.10. Các nhà máy sản xuất rượu	103
Tài liệu tham khảo.....	105

Chương 3. Quá trình bùn hoạt tính, Rolf Kayser	111
3.1. Mô tả quá trình và lịch sử phát triển.....	111
3.1.1. Quá trình đơn (một giai đoạn).....	111
3.1.2. Quá trình hai pha (hai giai đoạn).....	114
3.1.3. Loại bỏ carbon, nitơ và phosphor bằng quá trình bùn đơn	115
3.1.4. Quá trình phản ứng mẻ (SBR) kế tiếp.....	117
3.1.5. Các quá trình chuyên biệt.....	117
3.1.5.1. Quá trình bùn được hoạt hóa bằng oxy sạch	117
3.1.5.2. Vật liệu giá thể sinh trưởng trong bể hiếu khí bùn hoạt tính.....	118
3.1.5.3. Các bể phản ứng tốc độ cao.....	119
3.1.5.4. Sử dụng màng tách trong xử lý nước thải hỗn tạp.....	119
3.2. Các vấn đề công nghệ và vi sinh vật.....	120
3.2.1. Những đặc trưng của nước thải	120
3.2.2. Loại bỏ carbon hữu cơ	121
3.2.3. Nitrate hóa	125
3.2.4. Phản nitrate hóa (khử nitrat)	128
3.2.5. Loại bỏ phospho.....	131
3.2.6. Các yếu tố môi trường.....	132
3.2.6.1. Oxygen hòa tan.....	132
3.2.6.2. Tính kiềm và pH.....	132
3.2.6.3. Các chất độc	133
3.2.7. Đặc tính của nước thải hỗn tạp.....	134
3.3. Các dạng công nghệ.....	135
3.3.1. Dạng bể đặc trưng cho khuấy/trộn và cấp khí.....	135
3.3.2. Các quá trình loại bỏ carbon	139
3.3.3. Các quá trình loại bỏ nitơ.....	140
3.3.3.1. Giới thiệu.....	140
3.3.3.2. Phản nitrate hóa xảy ra ở vùng tiền kỵ khí.....	140
3.3.3.3. Quá trình phản nitrate hóa (khử nitrat) theo bậc	143
3.3.3.4. Nitrate hóa - phản nitrate hóa đồng hành	145
3.3.3.5. Nitrate hóa – khử nitrate hóa gián đoạn	148

3.3.3.6. Các quá trình nitrate hóa – khử nitrate gián đoạn cùng với cấp nước thải gián đoạn.....	150
3.3.3.7. Các quá trình đặc biệt đối với tỷ lệ COD/TKN thấp	153
3.3.3.8. “Sau-khử nitrate” bằng nguồn carbon hữu cơ bên ngoài	153
3.3.4. Các tương tác giữa bề phản ứng sinh học với các thành phần thu hồi từ bể làm trong.....	154
3.4. Quy trình thiết kế	156
Tài liệu tham khảo.....	158
Chương 4. Mô hình hóa các quá trình xử lý nước thải hiếu khí, Mogens Henze	164
4.1. Giới thiệu	164
4.2. Mục đích của mô hình hóa.....	164
4.3. Các yếu tố của các mô hình bùn hoạt hóa.....	165
4.3.1. Các quá trình vận chuyển và sơ đồ bể xử lý.....	165
4.3.1.1. Sục khí.....	166
4.3.1.2. Các cấu tử	166
4.3.1.3. Các quá trình.....	166
4.3.1.4. Các dạng thủy lực	167
4.4. Trình bày các mô hình.....	167
4.4.1. Sự cân bằng vật chất.....	168
4.4.2. Tốc độ quá trình	168
4.4.3. Sự tham gia của mỗi cấu tử.....	168
4.5. Các mô hình bùn hoạt tính số 1, 2 và 3 (ASM1, ASM2, ASM3)	168
4.5.1. Mô hình bùn hoạt hóa số 1 (ASM1).....	168
4.5.2. Mô hình bùn hoạt hóa số 2 (ASM2).....	170
4.5.3. Mô hình bùn hoạt hóa số 3 (ASM3).....	170
4.6. Đặc trưng của nước thải	172
4.7. Chuẩn hóa mô hình	173
4.8. Các chương trình máy tính.....	175
4.9. Sử dụng các mô hình.....	176
Tài liệu tham khảo	179

Chương 5. Xử lý nước thải kỵ khí tốc độ cao, Hans-Joachim Jordening and Klaus Buchholz	181
5.1. Giới thiệu	181
5.2. Các nguyên tắc cơ bản	185
5.2.1. Sự hình thành màng sinh học	185
5.2.2. Các đặc trưng của màng sinh học	186
5.2.3. Động học và dẫn truyền vật chất	186
5.2.3.1. Truyền khối bên ngoài	187
5.2.3.2. Truyền khối bên trong	189
5.2.4. Đặc trưng của giá thể	190
5.2.4.1. Bể màng cố định - ổn định	190
5.2.4.2. Bể tầng sôi	191
5.3. Các thông số thiết kế bể phản ứng	193
5.3.1. Công suất	193
5.3.2. Giá thể	195
5.3.2.1. Bể màng cố định- ổn định	196
5.3.2.2. Bể tầng sôi (giá thể không cố định)	198
5.3.3. Nước thải	200
5.3.3.1. Chất rắn trong bể màng cố định - ổn định	200
5.3.3.2. Chất rắn trong bể đệm không cố định (tầng sôi)	200
5.3.4. Dạng hình học của bể và các khía cạnh công nghệ	201
5.3.4.1. Bể màng cố định - ổn định	201
5.3.4.2. Bể giá thể không cố định (tầng sôi)	201
5.4. Vận hành bể phản ứng	204
5.4.1. Quy trình khởi động	204
5.4.2. Kết quả vận hành: tầng đệm ổn định	205
5.4.3. Kết quả vận hành: bể giá thể không cố định (tầng sôi)	208
5.5. Các kết luận	210
Tài liệu tham khảo	211
Chương 6. Mô hình hóa các bể phản ứng biogas, Herbert Markl	217
6.1. Giới thiệu	217

6.1.1. Các yếu tố trong mô hình toán học	217
6.1.2. Nâng cấp công suất	219
6.2. Các kỹ thuật đo lường	223
6.2.1. Đo trực tuyến (online) nhờ sử dụng máy đo khối phổ	223
6.2.2. Quan trắc online qua xác định chất hữu cơ bằng sắc ký lỏng cao áp (HPLC)	226
6.3. Động học	227
6.3.1. Axít axetic, axít propionic	234
6.3.2. Hydro sulphite H_2S	237
6.3.3. Kết luận	238
6.4. Tập tính thủy động lực và khuấy chất lỏng trong tháp biogas	240
6.4.1. Khuấy trộn pha lỏng	241
6.4.1.1. Mô hình A	245
6.4.1.2. Mô hình B	246
6.4.2. Sự phân bố sinh khối bên trong bể phản ứng	249
6.4.2.1. Các thử nghiệm	249
6.4.2.2. Mô hình hóa toán học	251
6.5. Sự chuyển đổi vật chất từ pha lỏng sang pha khí	254
6.5.1. Pha lỏng	257
6.5.2. Các bọt khí	258
6.5.3. Khoảng không bên trên	258
6.6. Ảnh hưởng của áp suất thủy tĩnh lên quá trình tạo biogas	262
6.7. Quan điểm	265

**Chương 7. Sự phân hủy hiếu khí các hợp chất hữu cơ khó
phân hủy bởi các vi sinh vật, Wolfgang Fritsche và
Martin Hofrichter,** 269

7.1. Giới thiệu: Đặc trưng của các vi sinh vật hiếu khí có khả năng phân hủy chất ô nhiễm hữu cơ	269
7.2. Các nguyên tắc của phân hủy bởi vi khuẩn	271
7.2.1. Các vi khuẩn điển hình phân hủy hiếu khí	271
7.2.2. Phân hủy các hợp chất béo có liên quan đến sự sinh trưởng	272

7.2.3. Đa dạng của các hợp chất vòng thơm - một cơ chế chuyển hóa	277
7.2.4. Mở rộng khả năng phân hủy	281
7.2.4.1. Phân hủy các chất ô nhiễm hữu cơ theo cơ chế đồng chuyển hoá (cometabolic)	281
7.2.4.2. Phân hủy các chất ô nhiễm bền bằng sự phối hợp giữa vi khuẩn hiếu khí và kỵ khí	283
7.3. Các khả năng phân hủy của nấm	285
7.3.1. Sự chuyển hóa các chất ô nhiễm hữu cơ bởi vi nấm	286
7.3.1.1. Các hydrocarbon béo	286
7.3.1.2. Các hợp chất vòng thơm	287
7.3.2. Các khả năng phân hủy của nấm đảm (Basidiomycetous)	292
7.3.2.1. Hệ thống enzyme phân hủy lignin	292
7.3.2.2. Sự phân hủy các chất ô nhiễm hữu cơ	296
7.3.2.3. Các kết luận	298
Tài liệu tham khảo	299
 Chương 8. Nguyên lý phân hủy kỵ khí các hợp chất hữu cơ, Bernhard Schink,	 302
8.1. Các khía cạnh tổng quát của các quá trình phân hủy kỵ khí	302
8.2. Các phản ứng “chìa khoá” của sự phân hủy kỵ khí của một số hợp chất hữu cơ nhất định	305
8.2.1. Sự phân hủy hydrocarbon	305
8.2.2. Sự phân hủy các hợp chất ether và các chất có hoạt tính bề mặt không phải là ion	306
8.2.3. Sự phân hủy các hợp chất N-alkyl và nitrilotriacetat	309
8.2.4. Sự phân hủy các hợp chất S-alkyl	310
8.2.5. Sự phân hủy hợp chất ketone	310
8.2.6. Sự phân hủy các hợp chất vòng thơm	311
8.2.6.1. Benzoate và cơ chế benzoyl-CoA	312
8.2.6.2. Phenol, hydroxybenzoate và aniline	313
8.2.6.3. Các hợp chất Cresol	315
8.2.6.4. Hydroquinone và Catechol	316

8.2.6.5. Các hợp chất Resorcinol	317
8.2.6.6. Trihydroxybenzene và trihydroxybenzoate	318
8.2.6.7. Hydroxyhydroquinone, chất trung gian quan trọng mới	320
8.2.6.8. Hydrocarbon thơm	321
8.2.7. Sự phân hủy các chất hữu cơ chứa halogen	323
8.2.8. Sự phân hủy sulfonate	324
8.2.9. Sự phân hủy các chất nitro hữu cơ	325
8.3. Các kết luận	326
Tài liệu tham khảo	327

Chương 9. Xử lý đất và thải bỏ, Michael koning, Kasten Hupe và rainer Stegmann,337

9.1. Giới thiệu	337
9.2. Quá trình nhiệt	338
9.2.1. Quá trình nhiệt ex-situ	339
9.2.2. Quá trình nhiệt in-situ	341
9.2.3. Ứng dụng các quá trình nhiệt	342
9.3. Quá trình hóa - lý	343
9.3.1. Quá trình hoá – lý ex-situ	343
9.3.2. Quá trình hoá – lý in-situ	345
9.3.3. Ứng dụng của các quá trình hóa – lý	346
9.4. Quá trình sinh học	346
9.4.1. Quá trình xử lý sinh học ex-situ	347
9.4.2. Quá trình xử lý sinh học in-situ	349
9.4.3. Ứng dụng của quá trình xử lý sinh học	349
9.5. Thải bỏ	350
9.6. Tái sử dụng đất sau xử lý	351
9.7. Kết luận	351
Tài liệu tham khảo	352

Chương 10. Xử lý sinh học bằng công nghệ chất thành đông/ luồng, Volker Schulz-Berendt,355

10.1. Giới thiệu	355
10.2. Các nguyên tắc của kỹ thuật đánh đồng/luồng.....	356
10.3. Các kỹ thuật đánh đồng khác	360
10.4. Hiệu quả và kinh tế	364
Tài liệu tham khảo	368
Chương 11. Bể xử lý, Rene H. Kleijntijens và Karel Ch. A. M. Luyben,	
11.1. Giới thiệu	370
11.1.1. Nguồn chất thải rắn ô nhiễm (đất, trầm tích và bùn)	370
11.1.2. Đặc trưng của chất rắn ô nhiễm	371
11.2. Các dạng bể xử lý	373
11.2.1. Các dạng của bể xử lý	373
11.2.2. Sự khuếch tán của các chất ô nhiễm ra khỏi các phần tử rắn.....	375
11.3. Bể xử lý chất thải rắn dạng bùn nhão.....	377
11.3.1. Quá trình bùn nhão.....	377
11.3.2. Vận hành theo mẻ	378
11.3.3. Quá trình mẻ qui mô thực	382
11.3.3.1. Quá trình DMT-Biodyn	382
11.3.3.2. Quá trình FORTEC.....	383
11.3.3.3. Quá trình OMH.....	383
11.3.3.4. Quá trình Huber	383
11.3.4. Vận hành mẻ kế tiếp (bán liên tục)	384
11.3.5. Vận hành liên tục	385
11.4. Các bể xử lý chất thải rắn-khô	390
11.4.1. Nhận dạng kiểu xử lý	390
11.4.2. Vận hành mẻ: quá trình compost	390
11.4.3. Vận hành liên tục (bán liên tục): bể trộn quay	391
11.5. So sánh các dạng bể	392
11.6. Kết luận và triển vọng.....	394
11.6.1. Kết luận	394

11.6.2. Triển vọng	394
Tài liệu tham khảo.....	395
Chương 12. Xử lý ô nhiễm tại chỗ, T. Held và H. Dorr.....	399
12.1. Giới thiệu	399
12.2. Điều tra khảo sát	402
12.3. Các kỹ thuật xử lý	404
12.3.1. Những lưu ý chung	404
12.3.2. Xử lý ô nhiễm cho đất không bão hòa (Bioventing)	405
12.3.3. Xử lý ô nhiễm ở vùng đất bão hòa	407
12.3.3.1. Thủy lực xoay vòng	407
12.3.3.2. Các giếng nước ngầm đặc biệt.....	408
12.3.3.3. Kỹ thuật sục khí (Biosparging) và Chiết hút chân không (Bioslurping).....	409
12.3.3.4. Các kỹ thuật xử lý thụ động.....	411
12.3.3.5. Quá trình thiên nhiên tự xử lý	414
12.3.3.6. Các kỹ thuật xử lý khác	415
12.4. Quan trắc	418
12.5. Quan điểm.....	421
Tài liệu tham khảo.....	421
Chương 13. Quá trình compost từ chất thải hữu cơ, Michaels S. Switzenbaum	423
13.1. Giới thiệu	423
13.2. Các vật liệu thải để làm compost	424
13.3. Cơ sở của quá trình compost.....	426
13.4. Các kỹ thuật làm phân compost	432
13.5. Các hệ thống compost	435
13.5.1. Compost không cần bể	435
13.5.2. Compost trong bể	440
13.6. Chất lượng compost	443
Tài liệu tham khảo.....	445

Chương 14. Lên men kỵ khí các phân đoạn rác thải ướt và bán ướt, Norbert Rilling.....	450
14.1. Giới thiệu	450
14.2. Những vấn đề cơ bản của xử lý chất thải bằng con đường sinh học	451
14.2.1. Cơ sở sinh hóa học của lên men kỵ khí.....	451
14.2.1.1. Vi khuẩn (lên men) thủy phân và tạo acid.....	452
14.2.1.2. Vi khuẩn (acetogenic) sinh ra axit acetic và hydro	453
14.2.1.3. Vi khuẩn (methanogenic) tạo methane.....	453
14.2.2. Ảnh hưởng của các điều kiện vận hành lên quá trình lên men.....	453
14.2.2.1. Thành phần nước.....	453
14.2.2.2. Nhiệt độ	454
14.2.2.3. pH.....	454
14.2.2.4. Thế oxy hóa khử và oxy	454
14.2.2.5. Yếu tố ức chế.....	454
14.2.3. Chất lượng khí tạo thành và sản phẩm compost	455
14.2.4. So sánh xử lý chất thải hiếu khí và kỵ khí	456
14.3. Quá trình kỵ khí xử lý chất thải	458
14.3.1. Cách thức lên men kỵ khí chất thải	459
14.3.1.1. Vận chuyển và cất trữ.....	459
14.3.1.2. Tiền xử lý	460
14.3.1.3. Lên men kỵ khí.....	461
14.3.1.4. Quá trình hậu xử lý.....	462
14.3.2. Quá trình kỹ thuật lên men kỵ khí chất thải sinh học.....	462
14.3.2.1. Lên men khô và ướt.....	464
14.3.2.2. Vận hành liên tục và vận hành gián đoạn.....	465
14.3.2.3. Vận hành nhiệt nóng và nhiệt ấm	466
14.3.2.4. Khuấy trộn mạnh	467
14.3.3. Khảo sát những quá trình lên men kỵ khí	467
14.3.4. Lưu trữ chất thải đầu vào cho phân hủy kỵ khí.....	469
14.4. Kết luận.....	470
Tài liệu tham khảo	472

Chương 15. Các hệ thống bãi chôn lấp, bãi chôn lấp chất thải rắn hợp vệ sinh, các chất thải rắn và các vấn đề lâu dài của nước rỉ rác, Kai-Uwe Heyer và Rainer Stegmann,	474
15.1. Giới thiệu	474
15.2. Quá trình sinh hóa ở các bãi chôn lấp hợp vệ sinh	474
15.2.1. Các pha phân hủy hiếu khí	475
15.2.2. Các pha phân hủy kỵ khí.....	475
15.2.3. Các nhân tố ảnh hưởng đến thành phần nước rỉ rác	477
15.2.3.1. Thành phần chất thải.....	477
15.2.3.2. Sự cân bằng nước	478
15.2.3.3. Tuổi của bãi chôn lấp.....	481
15.3. Sự tạo bãi rác vệ sinh và các chiến lược kiểm soát nước rỉ rác.....	481
15.3.1. Các vấn đề của nước rỉ rác ở bãi rác	481
15.3.2. Sự tạo bãi rác vệ sinh và các yêu cầu về luật pháp.....	482
15.3.3. Kiểm soát chất thải đầu vào và xử lý sơ bộ trước khi lưu giữ.....	482
15.3.4. Kiểm soát nước đầu vào và các biện pháp che phủ.....	483
15.3.5. Kiểm soát sự rò rỉ nước rỉ rác vào môi trường ở các hệ thống che phủ cơ bản.....	486
15.3.6. Xử lý nước rỉ rác.....	486
15.3.7. Quan trắc môi trường	488
15.4. Các vấn đề lâu dài với nước rỉ rác.....	489
15.4.1. Kiểm nghiệm thẩm kế trong mô hình mô phỏng bãi chôn lấp (LSR)	489
15.4.2. Dự đoán phát thải theo thời gian dài	490
15.5. Giảm sự thoát nước rỉ rác.....	493
15.5.1. Theo dõi và quá trình ổn định bãi rác sau khi đóng cửa.....	493
15.5.2. Các công nghệ về thấm nước và tác động lên nước rỉ rác	493
15.5.3. Ổn định hiếu khí tại chỗ và các tác động của ô nhiễm nước rỉ rác.....	494
Tài liệu tham khảo.....	496

Chương 16. Các bãi rác vệ sinh: tính ổn định lâu dài và các vấn đề liên quan đến môi trường, Micheal S, Switzenbaun,.....

16.1. Giới thiệu	499
16.2. Quản lý tổng hợp chất thải	502
16.3. Đồ thải trên đất	503
16.4. Quản lý nước rỉ rác và khí	509
16.5. Tóm tắt và kết luận	515
Tài liệu tham khảo	516

Chương 17. Quá trình kỹ thuật tinh sạch khí thải bằng phương pháp sinh học, Munthumbi Waweru, Veerle Herrygers, Herman Van Langenhove và Willy Verstraete,

17.1. Giới thiệu	517
17.2. Kỹ thuật tinh sạch khí thải sinh học	517
17.2.1. Các đặc trưng tổng quát	517
17.2.2. Các dạng kỹ thuật	518
17.2.2.1. Lọc sinh học	518
17.2.2.2. Lọc sinh học giọt thấm (Biotrickling)	519
17.2.2.3. Lọc sinh học phun (Bioscrubber)	519
17.2.2.4. Bể lọc màng	519
17.3. Các thông số thực hiện	520
17.3.1. Thời gian lưu thông của lớp tiếp xúc hoặc thời gian tiếp xúc thật	521
17.3.2. Tốc độ tải bề mặt	522
17.3.3. Tốc độ tải lượng	522
17.3.4. Tốc độ dung lượng	522
17.3.5. Khả năng loại bỏ chất ô nhiễm	522
17.3.6. Hiệu suất loại bỏ	522
17.4. Các đặc trưng của nguồn khí thải	523
17.5. Các nguyên lý của quá trình	525
17.5.1. Cân bằng phân bố của chất ô nhiễm	525

17.5.2. Sự khuếch tán	527
17.5.3. Phân hủy sinh học chất ô nhiễm	529
17.6. Hoạt động của bể xử lý	532
17.7. Kiểm soát bể xử lý	533
17.8. Xu hướng	534
Tài liệu tham khảo.....	535

Chương 18. Các ứng dụng thương mại của công nghệ tinh sạch khí thải bằng phương pháp sinh học, Derek E. Chitwood và Joseph S. Devinny.....

18.1. Kiến thức nền tảng	537
18.1.1. Nhu cầu	537
18.1.2. Xử lý sinh học	538
18.1.3. Hệ thống lọc lớp (biofilter).....	540
18.1.4. Hệ thống lọc giọt (biotricking).....	543
18.1.5. Ứng dụng cho các hệ thống sinh học.....	543
18.2. Các ứng dụng	544
18.2.1. Lọc lớp sử dụng đất	544
18.2.2. Lọc sinh học compost hờ để xử lý mùi từ trại chăn nuôi	545
18.2.3. Màng lọc sinh học đệm compost hờ để kiểm soát mùi từ bể nước thải	546
18.2.4. Các màng lọc sinh học vô cơ kiểm soát mùi tại một trạm xử lý nước thải.....	546
18.2.5. Lọc sinh học xử lý hơi xăng dầu tại vị trí tách chiết đất	547
18.2.6. Màng lọc sinh học xử lý sự phát thải VOC từ nhà máy sản xuất kính quang học	548
18.2.7. Màng lọc sinh học cải tiến để kiểm soát sự phát thải styrene.....	549
Tài liệu tham khảo.....	550

Chương 19. Tương lai của xử lý nước thải, chất thải, khí và đất, Claudia Gallert và Josef Winter.....

19.1. Giới thiệu	551
19.2. Xử lý nước thải.....	551

19.2.1. Nước thải sinh hoạt	552
19.2.2. Nước thải công nghiệp	555
19.2.3. Chất lượng nước đầu ra và các cải tiến trong tương lai	555
19.3. Xử lý chất thải rắn.....	557
19.4. Tinh sạch khí đầu ra.....	560
19.5. Cải tạo đất	560
19.6. Sản xuất nước uống	562
19.7. Các chiến lược trong tương lai để giảm thiểu ô nhiễm môi trường, bảo tồn môi trường tự nhiên và sức khỏe	563