

**TS. VŨ THỊ PHƯƠNG THẢO,
ThS. ĐỖ CAO CƯỜNG, ThS. ĐỖ THỊ HẢI**

**GIÁO TRÌNH
XỬ LÝ CHẤT THẢI
BẰNG CÔNG NGHỆ SINH HỌC**

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC TỰ NHIÊN VÀ CÔNG NGHỆ

MỤC LỤC

DANH MỤC HÌNH	7
DANH MỤC BẢNG	9
DANH MỤC TỪ VÀ KÝ HIỆU VIẾT TẮT	11
MỞ ĐẦU	13
Chương 1. NƯỚC THẢI VÀ CÁC PHƯƠNG PHÁP SINH HỌC XỬ LÝ NƯỚC THẢI.....	15
1.1. Khái niệm và phân loại nước thải.....	15
1.1.1. Nước thải và nguồn gốc nước thải	15
1.1.2. Phương pháp biểu thị độ nhiễm bẩn.....	17
1.1.2.1. Các thông số vật lý	17
1.1.2.2. Các thông số hoá học.....	18
1.1.2.3. Các thông số sinh học.....	21
1.2. Các phương pháp hỗ trợ cho xử lý sinh học	21
1.2.1. Các phương pháp cơ học (lắng, lọc, tuyển nổi đơn giản)....	21
1.2.2. Các phương pháp hoá lý (keo tụ, hấp phụ, hấp thụ, tuyển nổi chân không)	22
1.2.3. Phương pháp hoá học (ôxy hoá, trung hoà).....	24
1.3. Xử lý nước thải bằng phương pháp sinh học.....	25
1.3.1. Quá trình sinh học hiếu khí trong xử lý nước thải.....	26
1.3.1.1. Cơ chế của quá trình.....	26
1.3.1.2. Hạn chế của quá trình	27
1.3.1.3. Vai trò của vi sinh vật trong quá trình.....	27
1.3.1.4. Các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình.....	29
1.3.2. Quá trình sinh học kỵ khí trong xử lý nước thải	31
1.3.2.1. Cơ chế của quá trình.....	31
1.3.2.2. Ưu thế và hạn chế của quá trình.....	33
1.3.2.3. Vai trò của vi sinh vật trong quá trình.....	33
1.3.2.4. Các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình.....	34

1.3.3. Các hệ thống xử lý nước thải trong điều kiện tự nhiên	36
1.3.3.1. Cánh đồng tưới và cánh đồng lọc.....	36
1.3.3.2. Bãi lọc ngập nước.....	37
1.3.3.3. Hồ sinh học	43
1.3.4. Các hệ thống sinh học xử lý nước thải trong điều kiện nhân tạo.....	49
1.3.4.1. Xử lý nước thải bằng bể hiếu khí Aerotank.....	49
1.3.4.2. Xử lý nước thải bằng bể lọc sinh học.....	51
1.3.4.3. Bể tự hoại xử lý nước thải sinh hoạt	53
1.3.4.4. Bể lắng hai vỏ và bể lắng trong kết hợp lên men xử lý nước thải sinh hoạt.....	53
1.3.4.4. Các hệ thống xử lý kỵ khí tốc độ cao	54
Câu hỏi và bài tập Chương 1.....	56
Chương 2. CHẤT THẢI RẮN VÀ PHƯƠNG PHÁP SINH HỌC XỬ LÝ CHẤT THẢI RẮN.....	59
2.1. Khái niệm, phân loại, thành phần chất thải rắn	59
2.1.1. Khái niệm chất thải rắn, mục đích quản lý chất thải rắn	59
2.1.1.1. Các khái niệm	59
2.1.1.2. Mục đích quản lý chất thải rắn.....	59
2.1.2. Phân loại chất thải rắn	60
2.1.3. Thành phần chất thải rắn.....	63
2.2. Các phương pháp sinh học xử lý CTR giàu chất hữu cơ.....	64
2.2.1. Các phương pháp xử lý chất thải rắn trong điều kiện yếm khí	65
2.2.2. Các phương pháp xử lý chất thải rắn trong điều kiện hiếu khí	68
2.3. Giới thiệu về tình hình quản lý chất thải rắn trên thế giới và Việt Nam.....	74
2.3.1. Chiến lược 3RVE	75
2.3.2. Các công nghệ xử lý chất thải rắn giàu chất hữu cơ bằng sinh học đang áp dụng trên thế giới.....	75
2.3.2.1. Phương pháp ủ windrow.....	75
2.3.2.2. Phương pháp ủ in-vessel.....	77

2.3.2.3. Phương pháp ủ nhanh IBS	77
2.3.2.4. Ủ nhanh bằng giun	78
2.3.2.5. Công nghệ ướt một giai đoạn.....	78
2.3.2.6. Công nghệ khô một giai đoạn Dranco.....	79
2.3.2.7. Công nghệ ướt liên tục đa giai đoạn BTA	79
2.3.2.8. Công nghệ ướt liên tục đa giai đoạn TBW Biocomp	80
2.3.3. Tình hình quản lý chất thải rắn ở Việt Nam, các phương pháp xử lý chất thải rắn bằng sinh học đang áp dụng ở các đô thị nước ta	81
2.3.3.1. Chôn lấp.....	81
2.3.3.2. Ủ rác chế biến phân vi sinh (compost)	84
Câu hỏi và bài tập Chương 2.....	86
Chương 3. Ô NHIỄM KHÔNG KHÍ VÀ CÔNG NGHỆ SINH HỌC XỬ LÝ KHÍ THẢI Ô NHIỄM.....	87
3.1. Ô nhiễm không khí và ảnh hưởng của một số chất ô nhiễm không khí đối với con người và môi trường. Một số chất ô nhiễm không khí điển hình	87
3.1.1. Tình hình ô nhiễm không khí trên thế giới và Việt Nam	87
3.1.1.1. Tình hình ô nhiễm không khí trên thế giới	87
3.1.1.2. Tình hình ô nhiễm không khí ở Việt Nam.....	88
3.1.2. Nguyên nhân gây ô nhiễm không khí trên thế giới và Việt Nam	90
3.1.3. Ảnh hưởng của một số chất ô nhiễm không khí đối với con người và môi trường.....	94
3.1.3.1. Khí CO.....	95
3.1.3.2. Khí SO ₂	96
3.1.3.3. Khí NO _x	96
3.1.3.4. PAN	97
3.1.3.5. Các hợp chất hữu cơ dễ bay hơi (VOCs).....	98
3.2. Công nghệ sinh học xử lý khí thải.....	99
1.2.1. Lịch sử phát triển và tình hình sử dụng công nghệ sinh học xử lý khí thải trên thế giới và Việt Nam	99
3.2.1.1. Lịch sử của công nghệ sinh học xử lý khí thải.....	99

3.2.1.2. Tình hình sử dụng hệ thống xử lý khí ô nhiễm bằng phương pháp sinh học	100
3.2.2. Xử lý khí thải bằng bể lọc sinh học biofilter	100
3.2.2.1. Cơ chế của quá trình lọc sinh học	101
3.2.2.2. Các yếu tố ảnh hưởng	102
3.2.2.3. Ưu và nhược điểm của hệ thống lọc sinh học.....	103
3.2.3. Xử lý khí thải bằng máy lọc sinh học Bioscrubber	103
3.2.3.1. Cơ chế của quá trình.....	104
3.2.3.2. Các yếu tố ảnh hưởng	105
3.2.3.3. Ưu và nhược điểm của hệ thống	105
Câu hỏi và bài tập Chương 3.....	107
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	109

DANH MỤC HÌNH

Hình 1.1. BLNN dòng chảy bề mặt.....	39
Hình 1.2. BLNN dòng chảy ngầm.....	40
Hình 1.3. Hồ sinh học xử lý nước thải	444
Hình 1.4. Quá trình phân hủy các hợp chất hữu cơ trong hồ sinh học kỵ khí.....	46
Hình 1.5. Các quá trình xử lý chất hữu cơ phân hủy sinh học trong hồ tùy tiện	47
Hình 1.6. Bể aero tank xử lý nước thải sinh hoạt đô thị.....	50
Hình 1.7. Bể lọc sinh học	51
Hình 1.8. Sơ đồ bể lọc kỵ khí dòng chảy ngược UASB.....	555
Hình 2.1. Các đồng ủ windrow	76
Hình 3.1. Hệ thống bể lọc sinh học Biofilter.....	101
Hình 3.2. Hệ thống máy lọc sinh học Bioscrubber.....	1044

DANH MỤC BẢNG

Bảng 1.1. Vai trò của thực vật trong BLNN (Brix, 1997).....	433
Bảng 2.1. Nguồn phát sinh CTR và thành phần (Integrated Solid Waste Management, McGRAW-HILL, 1993)	61
Bảng 2.2. Tỷ lệ % của các thành phần trong CTR sinh hoạt thu được ở Thành phố Hà Nội và Thành phố Hồ Chí Minh.....	633

DANH MỤC TỪ VÀ KÝ HIỆU VIẾT TẮT

Từ viết tắt	Tiếng Việt	Tiếng Anh
BOD	Nhu cầu oxy sinh học	Biological oxygen Demand
BOD ₅ (20 °C)	Nhu cầu oxy sinh hóa sau 5 ngày ở nhiệt độ 20 °C	Biological oxygen Demand after 5 days at 20 °C
BLNN	Bãi lọc ngập nước	Wetland
BTNMT	Bộ Tài nguyên và Môi trường	Ministry of Natural Resources and Environment
COD	Nhu cầu oxy hóa học	Chemical oxygen Demand
CN	Công nghiệp	Industry
CTR	Chất thải rắn	Solid Waste
DO	Ôxy hòa tan	Dissolved oxygen
ĐVNS	Động vật nguyên sinh	Protozoa
EC	Độ dẫn điện của nước	Electrical Conductivity
MT	Môi trường	Environment
PHHK	Phân hủy hiếu khí	Aerobic decomposition
PHKK	Phân hủy kỵ khí	Anaerobic decomposition
QCVN	Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia Việt Nam	Vietnam National Technical Regulation
TDS	Tổng chất rắn hòa tan	Total Dissolved Solids
TSS	Tổng chất rắn lơ lửng	Total Suspended Solids
TSP	Tổng bụi lơ lửng	Total Suspended Dust
CTNH	Chất thải nguy hại	Hazardous waste
TNMT	Tài nguyên và Môi trường	Natural Resources and Environment
UASB	Bể kỵ khí dòng chảy ngược	Upflow anaerobic sludge blanket

VOC	Các hợp chất hữu cơ dễ bay hơi	Volatile organic compounds
VSV	Vi sinh vật	Microorganism
WHO	Tổ chức Y tế thế giới	World Health Organization

MỞ ĐẦU

Xử lý chất thải bằng các phương pháp hóa lý truyền thống bên cạnh ưu điểm hiệu quả xử lý nhanh có những hạn chế nhất định như giá thành cao, cần hệ thống máy móc phức tạp, quá trình xử lý thường bổ sung các hóa chất có thể dẫn đến khả năng ô nhiễm thứ cấp,... Từ cuối thế kỷ XIX, phương pháp xử lý chất thải bằng công nghệ sinh học đã được đề cập đến và dần được đưa vào ứng dụng trong thực tế. Đây là phương pháp xử lý chất thải có những ưu điểm vượt trội với giá thành rẻ hơn các phương pháp truyền thống, khắc phục được một cách cơ bản những vấn đề trên, có hệ thống xử lý chất thải chủ yếu sử dụng các quá trình tự nhiên, gần như không có sự can thiệp của con người vào quá trình, không bổ sung hóa chất, các chất thải sau xử lý có thể trở thành các sản phẩm có giá trị,... Các chất hữu cơ ô nhiễm có trong chất thải cũng như một số chất ô nhiễm vô cơ khác được các vi sinh vật, thực vật sử dụng làm thức ăn, phân huỷ, chuyển hóa thành các chất khí, nước, mùn bã, sinh khối sinh vật,... Phần kết của quá trình, nước thải, khí thải được loại bỏ phần lớn các chất ô nhiễm với hiệu suất loại bỏ cao, chất thải rắn được thu gọn kích thước, được chuyển hóa thành những chế phẩm sinh học có giá trị cho nông nghiệp.

Giáo trình “***Xử lý chất thải bằng công nghệ sinh học***” nhằm mục đích trang bị cho sinh viên những kiến thức cơ bản về phương pháp xử lý nước thải, xử lý chất thải rắn, xử lý khí thải bằng các công cụ sinh học là các vi sinh vật, các thực vật và các đối tượng sinh thái học khác có sẵn trong môi trường. Giáo trình cũng mong muốn có thể góp phần truyền tải thông điệp về ý nghĩa của việc ứng dụng công nghệ sinh học trong xử lý chất thải mang lại cho lợi ích đời sống xã hội, lợi ích kinh tế cũng như môi trường.

Nội dung giáo trình bao gồm 3 chương:

Chương 1: Nước thải và các phương pháp sinh học xử lý nước thải.

Chương 2: Chất thải rắn và các phương pháp xử lý chất thải rắn.

Chương 3: Ô nhiễm không khí và công nghệ sinh học xử lý khí thải ô nhiễm.

Trong quá trình biên soạn giáo trình, mặc dù đã cố gắng, nhưng chắc chắn không tránh khỏi các thiếu sót, các tác giả mong nhận được các góp ý từ các nhà chuyên môn, các thầy cô giáo, các em sinh viên để giáo trình được hoàn thiện hơn ở những lần xuất bản sau. Các ý kiến đóng góp xin gửi về Nhà xuất bản Khoa học tự nhiên và Công nghệ, Số 18 Hoàng Quốc Việt, Quận Cầu Giấy, Hà Nội.

Xin chân thành cảm ơn!

Tập thể tác giả

Chương 1

NƯỚC THẢI VÀ CÁC PHƯƠNG PHÁP SINH HỌC XỬ LÝ NƯỚC THẢI

1.1. Khái niệm và phân loại nước thải

1.1.1. Nước thải và nguồn gốc nước thải

Nước thải là chất lỏng được thải ra sau quá trình sử dụng của con người và đã bị biến đổi thành phần, tính chất ban đầu. Nước thải thường có nguồn gốc từ các nguồn thải sinh hoạt, đô thị, công nghiệp,... Năm được nguồn gốc của nước thải sẽ có được nền tảng cơ bản để lựa chọn công nghệ và biện pháp xử lý phù hợp nhằm hạn chế sự ô nhiễm của nước thải đối với môi trường. Có nhiều loại nước thải với thành phần, tính chất khác nhau và cũng có nhiều loại hình công nghệ và kỹ thuật xử lý làm giảm tác động tiêu cực của nước thải tới môi trường tiếp nhận. Theo nguồn gốc phát sinh, nước thải có thể được phân loại thành 4 loại nước thải sinh hoạt, nước thải thương mại, nước thải công nghiệp, nước mưa chảy tràn trên bề mặt.

Nước thải sinh hoạt là loại nước thải phát sinh chủ yếu từ các hộ gia đình, khu văn phòng, trường học và những nguồn tương tự. Nước thải này thường có nồng độ chất ô nhiễm cao do chứa các chất hữu cơ, chất tẩy rửa, vi khuẩn, vi sinh vật, nitơ, phospho,... được thải ra trong quá trình sinh hoạt của con người. Các chất này có thể gây ô nhiễm nguồn nước và môi trường xung quanh, ảnh hưởng trực tiếp đến sức khỏe của con người và hệ sinh thái, đặc biệt là những virus, vi khuẩn, giun sán,... có trong nước thải có thể được sinh sôi phát triển rất nhanh và lan truyền đi khắp nơi theo dòng nước,...

Nước thải thương mại là loại nước thải thường ít chứa độc tố, chất nguy hại, được phát sinh từ các trung tâm thương mại, có thành phần chính giống như nước thải sinh hoạt. Tuy nhiên cũng có thể có một số

chất có nồng độ lớn hơn so với trong nước thải sinh hoạt điển hình. Loại hình nước thải này cũng bao gồm nước thải phát sinh từ các cơ sở dịch vụ ăn uống, nhà hàng, dịch vụ chăm sóc sức khỏe,...

Nước thải công nghiệp là nước thải được thải ra sau khi được sử dụng trong các nhà máy xí nghiệp, các khu khai khoáng, các khu công nghiệp,... Nước thải công nghiệp rất đa dạng về lượng cũng như tính chất. Đặc tính ô nhiễm và nồng độ của các chất ô nhiễm có trong nước thải công nghiệp rất khác nhau phụ thuộc vào các loại hình công nghiệp, các công nghệ sản xuất, công suất hoạt động,... được lựa chọn. Do tính chất đa dạng đó nên mỗi loại nước thải công nghiệp thường có một công nghệ xử lý riêng. Để dễ dàng cho các quá trình xử lý, cần phân biệt một số loại nước thải công nghiệp như sau:

- Nước thải công nghiệp sản xuất không bị ô nhiễm: là loại nước thải được sinh ra chủ yếu khi làm nguội thiết bị, giải nhiệt trong các trạm làm lạnh, ngưng tụ hơi nước cho nên loại nước thải này thường được quy ước là nước sạch. Nước thải này nên được tái tuần hoàn sau khi được phục hồi tính chất nhiệt.

- Nước thải công nghiệp bị ô nhiễm: là loại nước thải được sinh ra từ các ngành công nghiệp sản xuất sản phẩm, xúc rửa máy móc thiết bị,... thường có kèm theo nước thải từ các hoạt động sinh hoạt của công nhân viên. Loại nước thải này thường chứa nhiều tạp chất, chất độc hại, vi khuẩn,... cần được xử lý cục bộ trước khi xả vào mạng lưới thoát nước chung hoặc vào nguồn nước. Nước thải các nhà máy sản xuất bột ngọt, cafe, bia, đường, giấy, cao su, nước thải các ngành xi mạ, khoáng sản, dệt nhuộm,... là những loại nước thải rất khó xử lý và nếu không được xử lý mà thải trực tiếp ra môi trường sẽ gây những hiểm họa khôn lường. Để lựa chọn công nghệ xử lý nước thải cho phù hợp, cần phải chú ý đến các thành phần chính đặc thù của từng loại nước thải công nghiệp như kim loại nặng, dầu mỡ (chủ yếu trong nước thải ngành xi mạ), chất hữu cơ khó phân hủy (có trong nước thải sản xuất dược phẩm, nông dược, dệt nhuộm,...). Nước thải có các thành phần này không những khó xử lý mà còn rất độc hại đối với con người và môi trường sinh thái. Bên cạnh đó, các thành phần khác trong nước thải công nghiệp tuy không phải là

nguy hiểm nhưng nếu quá nhiều và không được xử lý đúng cách cũng là mối đe dọa lớn đối với nguồn nước và môi trường.

Nước mưa chảy tràn bề mặt là nước chảy tràn có nguồn gốc từ nước mưa, do tuyết tan,... là phần nước không thấm qua đất và chảy tràn trên mặt đường, đất và được thu gom vào các hệ thống thoát nước thành phố hoặc chảy vào các nguồn nước mặt. Chất lượng nguồn nước này phụ thuộc vào những khu vực mà nó chảy qua trước khi vào cống thu gom.

Bên cạnh quan điểm phân loại theo nguồn gốc phát sinh giúp cho việc lựa chọn công nghệ xử lý chất thải được thuận lợi thì quan điểm phân loại nước thải theo nguồn gây ô nhiễm lại mang đến những thuận lợi cho các nhà quản lý môi trường. Theo quan điểm này, nước thải được phân thành nước thải có nguồn xác định và nước thải có nguồn không xác định. Sự phân loại này rất có ý nghĩa khi đề cập tới các vấn đề điều chỉnh kiểm soát ô nhiễm. Ở đây, nguồn xác định bao gồm các cửa cống xả nước mưa và tất cả các nguồn nước thải vào nguồn tiếp nhận nước có tổ chức qua hệ thống cống và kênh rãnh, còn nguồn không xác định bao gồm nước chảy trôi trên các bề mặt phân tán khác. Các nguồn xác định thường có thể định lượng và kiểm soát trước khi thải. Ngược lại các nguồn không xác định thường rất khó quản lý.

1.1.2. Phương pháp biểu thị độ nhiễm bẩn

Để đánh giá độ nhiễm bẩn của nguồn nước người ta thường đánh giá các thông số vật lý, hoá học, sinh học có trong nguồn nước. Tùy vào mục đích sử dụng nước mà người ta đánh giá các chỉ tiêu cần thiết khác nhau.

1.1.2.1. Các thông số vật lý

Các thông số vật lý cơ bản thường được quan tâm như nhiệt độ, độ đục, độ màu, cặn lơ lửng, tổng chất rắn hoà tan, độ dẫn điện,...

Nhiệt độ là thông số quan trọng sử dụng trong thiết kế trạm xử lý nước thải bởi nó có ảnh hưởng tới các quá trình xử lý sinh học, hoá sinh diễn ra trong nước. Nhiệt độ của nước thải có thể thay đổi vào các thời gian khác nhau trong năm và địa điểm.

Độ đục của nước là dấu hiệu đầu tiên cho thấy khả năng nước bị ô nhiễm, là thông số biểu đạt trạng thái vẩn đục của nước, gây ra bởi các

phần tử dạng lơ lửng. Độ đục của nước thải có thể do các chất ô nhiễm vô cơ hoặc hữu cơ hòa tan hoặc lơ lửng. Độ đục cao ảnh hưởng đến **cái nhìn vật lý của nước**, có thể gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến sức khỏe con người và hệ sinh thái. Đơn vị của độ đục là NTU.

Độ màu là thông số có thể nhận biết được bằng mắt. Màu của nước thải chủ yếu do các chất hòa tan, các chất đang bị phân hủy. Sự có mặt của một số ion kim loại, tảo, than bùn và các chất thải công nghiệp cũng làm cho nước có màu. Độ màu đánh giá phần nào mức độ ô nhiễm của nước thải. Đơn vị của độ màu là Pt-Co.

Tổng chất rắn lơ lửng TSS là các chất rắn không tan, tồn tại dưới dạng nổi trên mặt nước hoặc lơ lửng trong nước, có thể loại bỏ bằng phương pháp lọc. Các chất lơ lửng làm nước có độ đục. Sự ảnh hưởng của tổng chất rắn lơ lửng TSS đến môi trường nước là rất lớn. Đơn vị của TSS là mg/L.

Tổng chất rắn hoà tan TDS bao gồm các chất rắn hữu cơ hoặc vô cơ, dạng tan và không loại bỏ được bằng phương pháp lọc. TDS bao gồm các anion, cation, phân tử và các phần tử keo có kích thước nhỏ bé. Các chất rắn hoà tan làm cho nước có khả năng dẫn điện. Đơn vị của TDS là mg/L.

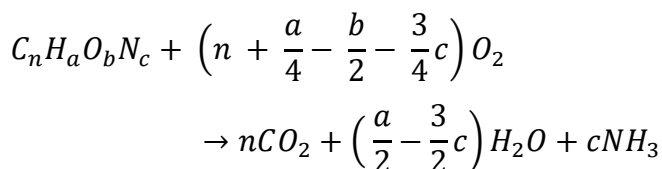
Độ dẫn điện của nước EC là một chỉ tiêu để đo khả năng dẫn truyền dòng điện trong nước. EC có liên quan đến nồng độ muối hòa tan và sự có mặt của các ion trong nước. Khi các muối hòa tan trong nước sẽ tạo thành các ion tích điện âm, ion tích điện dương từ đó gây ảnh hưởng đến độ dẫn điện của nước. Đây là lý do vì sao nước cất có độ dẫn điện là 0 và không dẫn điện. Do đó, độ dẫn điện EC có mối liên hệ với TDS ở trong nước. Đơn vị độ dẫn điện của nước thông thường là: $\mu\text{S}/\text{cm}$ và mS/cm .

1.1.2.2. Các thông số hoá học

Các thông số hoá học cơ bản của nước thải thường được quan tâm như nhu cầu ôxy hoá học, nhu cầu ôxy sinh học, hàm lượng ôxy hoà tan, tổng nitơ, tổng phospho, hàm lượng các khí có trong nước thải, hàm

lượng các muối dinh dưỡng, các nguyên tố kim loại nặng, tỷ số BOD/COD,...

Nhu cầu oxy hoá học COD đặc trưng cho lượng oxy cần thiết để oxy hoá các chất hữu cơ có trong nước thải bằng dicromat trong môi trường axit. COD được sử dụng rộng rãi để đo gián tiếp khối lượng các hợp chất hữu cơ có trong nước. Khối lượng oxy cần thiết để oxy hóa một hợp chất hữu cơ thành carbon dioxide, amoniac và nước được thể hiện dưới dạng tổng quát là:



Nhu cầu oxy sinh học BOD đặc trưng cho tổng lượng oxy cần thiết để các vi khuẩn không có khả năng quang hợp thực hiện quá trình oxy hoá các hợp chất hữu cơ để phân huỷ sinh học trong một thời gian nhất định. Thời gian cần thiết để các vi sinh vật oxy hóa hoàn toàn các chất hữu cơ có thể kéo dài đến vài chục ngày tùy thuộc vào tính chất của nước thải, nhiệt độ và khả năng phân huỷ các chất hữu cơ của vi sinh vật trong nước thải. Để chuẩn hóa các số liệu người ta thường sử dụng nhu cầu oxy sinh học trong 5 ngày ở 20 °C - BOD₅. Chỉ tiêu BOD được tính bằng mg/L, phản ánh mức độ ô nhiễm hữu cơ của nước thải. BOD càng cao thì nước thải càng bị ô nhiễm và ngược lại. Nước thải đô thị được xử lý có hiệu quả bằng công nghệ ba giai đoạn có thể có giá trị của BOD₅ vào khoảng 20 mg/L. Nước thải chưa xử lý thì có giá trị BOD₅ không cố định, nhưng trung bình vào khoảng 600 mg/L tại châu Âu và khoảng 200 mg/L tại Hoa Kỳ hay tại các khu vực mà nó bị thấm lọc qua nước ngầm hay nước bề mặt. Các giá trị nói chung của Hoa Kỳ thấp, chủ yếu là do tại đây lượng nước tiêu thụ trên đầu người cao hơn rất nhiều so với các khu vực khác trên thế giới. Bùn sệt từ các trang trại chăn nuôi bò sữa có giá trị BOD₅ vào khoảng 8.000 mg/L còn thức ăn ủ có giá trị BOD₅ vào khoảng 60.000 mg/L.

Tổng nitơ trong nước thải bao gồm tất cả các dạng tồn tại của nitơ. Các hợp chất của nitơ tồn tại dưới 3 dạng: các hợp chất hữu cơ, amoni và các muối nitrit và nitrat. Trong nước thải sinh hoạt 2/3 nitơ tồn tại dưới dạng vô cơ, chỉ 1/3 ở dạng hữu cơ.

Tổng phospho bao gồm tất cả các dạng phospho hữu cơ và vô cơ tồn tại trong nước. Phospho xâm nhập vào nước có nguồn gốc từ nước thải đô thị, phân hoá học, cuốn trôi từ đất, nước mưa hoặc phospho trầm tích hoà tan trở lại photpho trong nước thường tồn tại dưới dạng orthophosphat hay polyphosphat và phosphat hữu cơ. Tất cả các dạng polyphosphat đều chuyển hoá về dạng orthophosphat trong môi trường nước.

Hàm lượng các chất khí có trong nước thải bao gồm rất ít hoặc không có dưỡng khí ôxy mà chủ yếu là các khí H_2S , CO_2 , NH_4 , CH_4 ,...

Tỷ số BOD/COD thể hiện khả năng phân huỷ sinh học của các chất hữu cơ trong nước thải hay khả năng ứng dụng phương pháp sinh học trong xử lý nước thải. Tỷ lệ BOD/COD càng cao thì việc xử lý bằng phương pháp sinh học càng hiệu quả. Thực tế cho thấy, khi nước thải vào có tỷ lệ BOD/COD lớn hơn 0,5, quá trình hoạt động vi sinh của bể sinh học sẽ hiệu quả, vi sinh nuôi cấy phát triển tốt, hiệu suất xử lý thường cao.

Dầu, mỡ thường xuất hiện nhiều trong nước thải, đặc biệt là nước thải sinh hoạt và các cơ sở chế biến thực phẩm, bao gồm các chất béo, các loại dầu, các chất sáp,... Nếu không có biện pháp kiểm soát triệt để tại chỗ, dầu, mỡ sẽ dính lại tạo thành các mảng lớn bám vào bề mặt gây tắc nghẽn đường ống thoát nước hay khi xả thải ra hệ thống nước mặt sẽ ngăn chặn quá trình khuếch tán ôxy vào trong nước, gây hại cho đời sống thủy sinh và gây ô nhiễm môi trường nghiêm trọng. Việc tách các dầu, mỡ thải tại nguồn trước khi xả thải ra hệ thống thoát nước sẽ rất có ý nghĩa, vừa tránh được tắc nghẽn cống thải, lại đỡ được khoản chi phí xử lý.

Các thành phần chất độc: Trong nước thải có thể tồn tại các thành phần độc hại như thuốc diệt côn trùng, thuốc trừ sâu, thuốc diệt cỏ,... có thể gây ảnh hưởng tới quá trình sống của các vi sinh vật. Cần phải chú ý

khả năng xuất hiện và hàm lượng các chất này để có phương án chọn công nghệ xử lý phù hợp.

1.1.2.3. Các thông số sinh học

Trong nước thải, đặc biệt là nước thải sinh hoạt có thể có nhiều loại vi trùng, rong tảo và các loài thủy vi sinh khác. Tùy theo tính chất, các loại vi sinh trong nước có thể vô hại hoặc có hại. Nhóm có hại bao gồm các loại vi trùng gây bệnh, các loài rong rêu, tảo,... Nhóm này cần phải loại bỏ khỏi nước thải trước khi thải vào nguồn tiếp nhận. Thông số sinh học cơ bản trong nước thải thường được quan tâm hơn hết là mật độ các vi khuẩn *Coliforms*. *Coliforms* là nhóm những trực khuẩn đường ruột Gram âm không sinh bào tử, sống được trong điều kiện hiếu khí hoặc kỵ khí tùy nghi, có khả năng sinh axit, sinh hơi do lên men lactose ở 37 °C, là một thành phần của hệ vi sinh vật đường ruột ở người và các động vật máu nóng. Do đó, *Coliforms* được sử dụng để chỉ thị mức độ vệ sinh trong quá trình chế biến, bảo quản, vận chuyển, thực phẩm, nước uống cũng như để chỉ thị sự ô nhiễm **phân trong mẫu** môi trường.

1.2. Các phương pháp hỗ trợ cho xử lý sinh học

1.2.1. Các phương pháp cơ học (lắng, lọc, tuyển nổi đơn giản)

Nước thải công nghiệp, cũng như nước thải sinh hoạt thường chứa các chất tan và không tan ở dạng hạt lơ lửng. Các hợp chất lơ lửng có thể ở dạng rắn và lỏng, chúng tạo với nước thành hệ huyền phù. Phương pháp xử lý cơ học có thể loại bỏ được 20 % các chất ô nhiễm có khả năng phân hủy sinh học và 60 % các tạp chất không tan hoặc tan chậm trong nước.

Để tách rác và các hạt lơ lửng ra khỏi nước thải, thông thường người ta sử dụng các quá trình cơ học: lọc qua song chắn hoặc lưới, lắng dưới tác dụng của lực trọng trường hoặc lực li tâm. Tại song chắn rác, các tạp chất thô như rác, túi nylon, vỏ trái cây, **giẻ**, **gỗ** và các vật khác được giữ lại nhằm đảm bảo cho máy bơm và các công trình, thiết bị xử lý nước thải hoạt động ổn định. Đây là bước quan trọng nhằm đảm bảo độ an toàn cho toàn hệ thống xử lý nước thải. Sau đó nước thải thường

được đưa tới bể điều hoà để ổn định lưu lượng rồi qua các bể lắng đợt 1, bể lắng đợt 2 để tách cặn lơ lửng.

Quá trình lắng và tuyển nổi là các quá trình tách các hạt lơ lửng được phân tích bằng chỉ tiêu tổng chất rắn lơ lửng TSS hoặc độ đục khỏi nước thải. Quá trình này thường xảy ra sau một khoảng thời gian lưu nước nhất định có điều kiện thuận lợi cho quá trình lắng đối với các hạt nặng hơn nước và tuyển nổi đối với các hạt nhẹ hơn nước.

Theo nồng độ và khuynh hướng tương tác giữa các hạt, có 4 dạng lắng là lắng độc lập, lắng tạo bông, lắng cản trở và lắng trong vùng nén. Lắng độc lập và lắng tạo bông thường xảy ra khi hàm lượng cặn lơ lửng tương đối thấp còn lắng cản trở và lắng trong vùng nén thường xảy ra khi hàm lượng cặn lơ lửng cao. Trong thực tế 4 dạng lắng này thường xảy ra đồng thời nhưng lắng độc lập và lắng tạo bông đóng vai trò quyết định.

1.2.2. Các phương pháp hoá lý (keo tụ, hấp phụ, hấp thụ, tuyển nổi chân không)

* ***Phương pháp keo tụ:*** Các hạt cặn bản trong nước có khả năng tự lắng trong nước nếu có kích thước lớn, còn cặn bé ở trạng thái lơ lửng. Trong kỹ thuật xử lý nước bằng các biện pháp xử lý cơ học như lắng tĩnh, lọc chỉ có thể loại bỏ những hạt có kích thước lớn hơn 10 mm, còn những hạt cặn có đường kính nhỏ hơn 10 mm phải áp dụng xử lý bằng phương pháp lý hóa.

Đặc điểm cơ bản của hạt cặn bé là do kích thước vô cùng nhỏ nên có bề mặt tiếp xúc rất lớn trên một đơn vị thể tích, các hạt cặn này dễ dàng hấp thụ, kết bám với các chất xung quanh hoặc lẫn nhau để tạo ra bông cặn to hơn. Mặt khác, các hạt cặn đều mang điện tích và chúng có khả năng liên kết với nhau hoặc đẩy nhau bằng lực điện từ. Tuy nhiên trong môi trường nước, do các loại lực tương tác giữa các hạt cặn bé hơn lực đẩy do chuyển động nhiệt Brown nên các hạt cặn luôn luôn tồn tại ở trạng thái lơ lửng.

Bằng việc phá vỡ trạng thái cân bằng động tự nhiên của môi trường nước, sẽ tạo các điều kiện thuận lợi để các hạt cặn kết dính với

nhau thành các hạt cặn lớn hơn và dễ xử lý hơn. Trong công nghệ xử lý nước là cho vào nước các hóa chất làm nhân tố keo tụ các hạt cặn lơ lửng.

Có 2 phương pháp keo tụ:

- Keo tụ bằng các chất điện ly: Cho thêm vào nước các chất điện ly ở dạng các ion ngược dấu. Khi nồng độ của các ion ngược dấu tăng lên, thì càng nhiều ion được chuyển từ lớp khuếch tán vào lớp điện tích dẫn tới việc giảm độ lớn của thế điện động, đồng thời lực đẩy tĩnh điện cũng giảm đi. Nhờ chuyển động hỗn loạn của các hạt keo va đập vào các phân tử môi trường với điện tích bé dễ kết dính bằng lực hút phân tử tạo nên các bông cặn ngày càng lớn.

- Keo tụ bằng hệ keo ngược dấu: Quá trình keo tụ được thực hiện bằng cách tạo ra trong nước một hệ keo mới tích điện ngược dấu với hệ keo cặn bản trong nước thiên nhiên và các hạt keo tích điện trái dấu sẽ trung hòa lẫn nhau. Chất keo tụ thường sử dụng là phèn nhôm, phèn sắt, được đưa vào nước dưới dạng hòa tan, sau phản ứng thủy phân chúng tạo ra hệ keo mới mang điện tích dương có khả năng trung hòa với các loại keo mang điện tích âm.

Các ion kim loại mang điện tích dương một mặt tham gia vào quá trình trao đổi với các cation nằm trong lớp điện tích kép của hạt cặn mang điện tích âm, làm giảm thế điện động, giúp các hạt keo dễ liên kết lại với nhau bằng lực hút phân tử tạo ra các bông cặn.

Mặt khác các ion kim loại tự do lại kết hợp với nước bằng phản ứng thủy phân, các phân tử nhôm hydrôxít và sắt hydrôxít là các hạt keo mang điện tích dương, có khả năng kết hợp với các hạt keo tự nhiên mang điện tích âm tạo thành các bông cặn có hoạt tính bề mặt cao. Các bông cặn này khi lắng sẽ hấp thụ cuốn theo các hạt keo, cặn bản, các hợp chất hữu cơ,... tồn tại lơ lửng trong nước lắng xuống theo.

* **Phương pháp hấp phụ:** thường được dùng để loại bỏ triệt để các chất hữu cơ hoà tan khỏi nước thải sau quá trình xử lý cục bộ mà trong nước thải vẫn còn chứa một hàm lượng nhỏ các chất đó. Những chất này thường khó phân huỷ sinh học và có độc tính cao. Nếu các chất cần loại bỏ này bị hấp phụ tốt, chi phí cho chất hấp phụ không cao thì việc áp

dụng phương pháp này là hợp lý hơn cả. Quá trình hấp phụ xảy ra với ba giai đoạn:

- Di chuyển các chất cần hấp phụ từ nước thải tới bề mặt hạt hấp phụ;
- Thực hiện hấp phụ;
- Di chuyển chất ô nhiễm vào bên trong hạt hấp phụ.

Than hoạt tính, các chất tổng hợp hoặc một số chất thải của quá trình sản xuất như xỉ tro, xỉ, mạt sắt và các chất hấp phụ bằng khoáng sản như đất sét, silica gel,... thường được dùng để loại bỏ những chất ô nhiễm như: chất hoạt động bề mặt, chất nhuộm khó phân huỷ, kim loại nặng, dung môi clo hoá, dẫn xuất phenol và **hydrôxyl**,... Tuy nhiên do chi phí cao nên việc ứng dụng quá trình này vào thực tế còn nhiều hạn chế.

1.2.3. Phương pháp hoá học (ôxy hoá, trung hoà)

** Phương pháp trung hoà*

Khi nước thải có độ pH cao hoặc thấp, người ta có các biện pháp trung hoà để đưa pH của nước thải về trạng thái trung tính, tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình sinh trưởng cho các vi sinh vật ở quá trình xử lý sinh học phía sau. Việc trung hoà nước thải được thực hiện bằng cách lọc nước thải axit qua vật liệu lọc có tác dụng trung hoà, cũng có thể trộn lẫn nước thải axit với nước thải kiềm,...

** Phương pháp ôxy hóa và khử*

Để làm sạch nước thải có thể dùng các chất ôxy hóa như clo ở dạng khí và hóa lỏng, canxi clorat, canxi hypoclorit và natri hypoclorit, kali pemanganat, kali bicromat, ôxy không khí, ôzôn,... Trong quá trình ôxy hóa, các chất ôxy hóa tác động mạnh mẽ với các chất khoáng và chất hữu cơ, các chất độc hại có trong nước thải, chuyển hóa chúng thành các chất ít độc hơn và tách ra khỏi nước thải. Quá trình này tiêu tốn một lượng lớn tác nhân hóa học, do đó quá trình ôxy hóa học chỉ được dùng trong những trường hợp khi các tạp chất gây nhiễm bẩn trong nước thải không thể tách bằng những phương pháp khác.

1.3. Xử lý nước thải bằng phương pháp sinh học

Cùng với đà phát triển của đô thị hóa, công nghiệp hóa, nhu cầu sử dụng nước sạch của người dân cho hoạt động sinh hoạt và sản xuất tăng cao xả thải ra lượng nước thải ô nhiễm ngày càng nhiều. Nếu lượng nước thải này không được xử lý mà xả thải trực tiếp sẽ làm ô nhiễm nguồn nước mặt và nước ngầm, gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến cuộc sống của người dân và môi trường. Để đảm bảo chất lượng nước thải đầu ra đạt quy chuẩn xả thải, con người đã áp dụng các công nghệ xử lý nước thải bằng phương pháp sinh học, hóa lý, cơ học để loại bỏ chất ô nhiễm ra khỏi dòng nước. Do các phương pháp sinh học có tính ưu việt cao như sử dụng vòng tuần hoàn tự nhiên của vật chất để xử lý và phân hủy các chất thải theo chu trình sinh học tự nhiên. Kết quả của quá trình xử lý là dòng nước thải ô nhiễm được chuyển hóa hoàn toàn thành dòng thải sạch đạt tiêu chuẩn xả thải, không gây ô nhiễm môi trường. Trong quá trình xử lý này, con người không bổ sung thêm hóa chất vào quy trình khép kín, do đó lượng nước thải, chất thải sau khi xử lý được đưa vào tự nhiên sạch hơn mà không bị biến đổi thành phần tính chất, qua đó kinh phí cho quản lý, điều hành cũng thấp hơn. Ngoài ra, nước thải trong một số ngành công nghiệp như công nghiệp hóa học có những chất bền, khó phân hủy bởi hóa lý thông thường, lại có thể phân hủy trong điều kiện tự nhiên bởi những chủng sinh vật được phân lập và tạo ra bởi công nghệ sinh học.

Tuy nhiên, nước thải để đưa vào xử lý sinh học phải là môi trường sống của các quần thể sinh vật. Điều này đòi hỏi nước thải phải không có chất độc làm chết hoặc ức chế hoàn toàn hệ vi sinh trong nước thải cũng như hàm lượng kim loại nặng trong nước thải phải ở mức cho phép, vì muối của các kim loại này ảnh hưởng nhiều đến hoạt động sống của vi sinh vật. Nếu quá nồng độ cho phép, các vi sinh vật không thể tăng trưởng được và có thể chết khiến quá trình xử lý sinh học không thực hiện được.

Phương pháp sinh học xử lý nước thải được chia làm 2 loại:

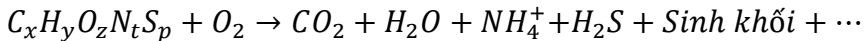
- Phương pháp hiếu khí sẽ sử dụng nhóm vi sinh vật (VSV) hiếu khí trong điều kiện có ôxy liên tục. Quá trình ôxy hóa sinh hóa chính là quá trình phân hủy các chất hữu cơ nhờ vi sinh vật.

- Phương pháp kỵ khí sử dụng nhóm VSV kỵ khí trong điều kiện không có oxy. Các chất hữu cơ ô nhiễm được các VSV lên men tạo nên sản phẩm cuối cùng là khí sinh học với thành phần chủ yếu là khí mêtan (CH_4) và một lượng nhỏ các khí khác như CO_2 , H_2S , NH_3 ,...

1.3.1. Quá trình sinh học hiếu khí trong xử lý nước thải

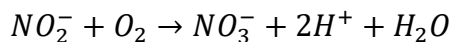
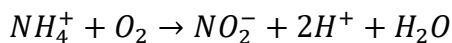
1.3.1.1. Cơ chế của quá trình

Trong xử lý nước thải, quá trình sinh học hiếu khí sử dụng các VSV hiếu khí phân hủy chất ô nhiễm hữu cơ trong điều kiện có oxy ở nhiệt độ, pH,... thích hợp để cho sản phẩm là sinh khối vi sinh vật mới, H_2O , CO_2 và các chất khí khác. Trong quá trình xử lý hiếu khí các chất hữu cơ phức tạp như protein, tinh bột, chất béo,... sẽ bị phân hủy bởi các men ngoại bào cho các chất đơn giản là các axit amin, các axit béo, các axit hữu cơ, các đường đơn,... Các chất đơn giản này sẽ thấm qua màng tế bào và bị phân hủy tiếp tục hoặc chuyển hóa thành các vật liệu xây dựng tế bào mới bởi quá trình hô hấp nội bào cho sản phẩm cuối cùng là CO_2 và H_2O . Quá trình phân hủy chất hữu cơ của vi sinh vật hiếu khí có thể mô tả bằng sơ đồ:



Hoạt động của VSV hiếu khí bao gồm quá trình dinh dưỡng và quá trình phân hủy. Trong quá trình dinh dưỡng, các vi sinh vật sử dụng các chất hữu cơ, các chất dinh dưỡng và nguyên tố khoáng vi lượng để xây dựng tế bào từ đó tăng trưởng sinh khối còn trong quá trình phân hủy các vi sinh vật oxy hóa các chất hữu cơ thành nước, CO_2 và các chất khí khác.

Nitơ hữu cơ trong nước thải được chuyển hóa rồi loại bỏ khỏi nước thải nhờ vào quá trình amon hoá, nitorat hoá và khử nitorat hóa. Quá trình nitorat hóa oxy hóa amoni thành nitorit hoặc nitorat:



Tiếp theo, quá trình phản nitorat hóa chuyển hóa NO_3^- thành N_2 .

Phosphat có trong nước thải được vi khuẩn sử dụng để tạo phospholipit xây dựng thành tế bào, tạo axit nucleic xây dựng vật chất nhân tế bào và các hợp chất cao năng lượng ATP có chứa phospho cũng được sử dụng tích cực trong điều kiện hiếu khí để duy trì các hoạt động phân giải cũng như tổng hợp chất của VSV. Ngoài ra phospho cũng được loại khỏi nước thải bằng cách kết lắng với các ion kim loại như Fe^{3+} , Fe^{2+} , Al^{3+} ,... hoặc kết hợp với các ion này. Bên cạnh đó có thể sử dụng nguồn nước thải có chứa phosphat tưới cây để tận dụng nguồn chất dinh dưỡng có sẵn này.

1.3.1.2. Hạn chế của quá trình

Quá trình xử lý nước thải bằng phương pháp hiếu khí không gây ô nhiễm thứ cấp như phương pháp hóa học, hóa lý, quá trình xử lý đầy đủ hơn, hiệu quả xử lý cao hơn và triệt để hơn nhưng cũng có những hạn chế nhất định như sau:

- Công trình xử lý cần diện tích mặt bằng lớn cho thể tích công trình;

- Chi phí xây dựng công trình và đầu tư thiết bị lớn hơn cũng như chi phí vận hành, đặc biệt chi phí cho năng lượng sục khí tương đối cao và không có khả năng thu hồi năng lượng;

- Hệ vi sinh vật không chịu được những thay đổi đột ngột về tải trọng hữu cơ;

- Quá trình xử lý sinh ra một lượng bùn dư và lượng bùn này kém ổn định, đòi hỏi về chi phí đầu tư để xử lý bùn;

- So với phương pháp xử lý kỵ khí, xử lý hiếu khí thường không xử lý được hoặc xử lý không hiệu quả bằng nếu nước thải có tải trọng chất hữu cơ cao với $\text{BOD} > 1.000 \text{ mg/L}$.

1.3.1.3. Vai trò của vi sinh vật trong quá trình

Trong các bể xử lý nước thải hiếu khí, một phần chất hữu cơ sẽ được các **vi khuẩn hiếu khí và hiếu khí không bắt buộc** sử dụng để lấy năng lượng tổng hợp các thành phần tế bào tạo thành các tế bào vi khuẩn mới. Vi khuẩn trong bể bùn hoạt tính thuộc các giống tồn tại phổ biến

trong môi trường tự nhiên như *Arthrobacter*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Bacterium*, *Zoogloea*, *Nocardia*, *Nitrosomonas*, *Nitrobacter*,... Mỗi loại vi khuẩn thường thực hiện các chức năng riêng. *Arthrobacter* có chức năng loại cacbohydrat trong khi *Pseudomonas* có chức năng loại cacbohydrat và phản nitrat hóa; *Bacillus* phân hủy protein; *Cytophaga* phân hủy các polyme; *Zoogloea* hình thành các chất keo tụ; *Nitrosomonas*, *Nitrobacter* đóng vai trò quan trọng trong quá trình nitrat hóa; *Acinetobacter* giữ vai trò chủ chốt trong quá trình tích tụ phospho,... Số lượng thường thấy nhiều nhất là các loài thuộc chi *Pseudomonas*, tiếp theo là các loài thuộc chi *Bacterium* với trên 30 loài. Khả năng phân hủy các hợp chất hữu cơ của các loài là khác nhau và phụ thuộc vào từng biện pháp xử lý nước thải.

Bên cạnh các vi khuẩn các vi sinh vật khác cũng đóng vai trò quan trọng trong các bể bùn hoạt tính như các nguyên sinh động vật và các luân trùng ăn các vi khuẩn làm cho nước thải đầu ra sạch hơn về mặt vi sinh.

Các vi sinh vật tồn tại bên trong các **búi bùn** hoạt tính màu nâu sẫm, có kích thước từ vài chục đến vài trăm micrômét. Khi quan sát dưới kính hiển vi thì nhận thấy nó bao gồm 70 % là cơ thể sinh vật sống và khoảng 30 % là các chất vô cơ. Các sinh vật sống cùng với các chất vô cơ đó quyện lại với nhau tạo thành dạng keo tụ - một quần lạc sinh vật bao bọc bởi một màng nhày xung quanh.

Khi các bể xử lý được xây dựng xong và đưa vào vận hành thì các vi khuẩn có sẵn trong nước thải bắt đầu phát triển theo chu kỳ phát triển của các vi khuẩn trong một mẻ cấy vi sinh. Trong thời gian đầu, để sớm đưa hệ thống xử lý vào hoạt động người ta cho thêm bùn hoạt tính vào bể mới như một hình thức cấy thêm vi khuẩn cho bể xử lý. Chu kỳ phát triển của các vi khuẩn trong bể xử lý bao gồm 4 giai đoạn:

Giai đoạn chậm: xảy ra khi bể bắt đầu đưa vào hoạt động và bùn của các bể khác được cấy thêm vào bể. Đây là giai đoạn để các vi khuẩn thích nghi với môi trường mới và bắt đầu quá trình phân bào.

Giai đoạn tăng trưởng: giai đoạn này, lượng các chất dinh dưỡng dồi dào, các tế bào vi khuẩn tiến hành phân bào và tăng nhanh về số

lượng. Tốc độ phân bào phụ thuộc vào thời gian cần thiết cho các lần phân bào và lượng thức ăn trong môi trường.

Giai đoạn cân bằng: lúc này mật độ vi khuẩn được giữ ở một số lượng ổn định do các chất dinh dưỡng cần thiết cho quá trình tăng trưởng của vi sinh vật đã bị sử dụng gần hết, số lượng vi khuẩn sinh ra bằng với số lượng vi khuẩn đã chết đi.

Giai đoạn chết: trong giai đoạn này, lượng chất dinh dưỡng đã hết, số lượng vi khuẩn chết đi nhiều hơn vi khuẩn được sinh ra, do đó mật độ vi khuẩn trong bể giảm nhanh.

Trong các bể xử lý nước thải hiếu khí, vi khuẩn đóng một vai trò quan trọng hàng đầu nên luôn cần phải duy trì một mật độ vi khuẩn cao tương thích với lượng các chất ô nhiễm đưa vào bể. Để duy trì được mật độ vi khuẩn hợp lý thì trong quá trình thiết kế, phải chú ý tính toán chính xác thời gian tồn lưu của vi khuẩn trong bể xử lý và thời gian này phải đủ lớn để các vi khuẩn có thể sinh sản được. Trong quá trình vận hành, các điều kiện cần thiết cho quá trình tăng trưởng của vi khuẩn như độ pH, chất dinh dưỡng, nhiệt độ,... phải được điều chỉnh ở mức thuận lợi nhất cho VSV sinh trưởng và phát triển.

1.3.1.4. Các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình

Để các công trình xử lý nước thải sinh học hiếu khí vận hành tốt, có hiệu suất cao, yếu tố cần phải chú ý đầu tiên là mật độ vi sinh vật của bùn hoạt tính; các yếu tố vật lý của môi trường; hàm lượng chất hữu cơ có trong nước thải,...

- **Mật độ vi sinh vật và tuổi của bùn hoạt tính:** Mật độ vi sinh vật của bùn hoạt tính đóng vai trò quyết định trong hiệu suất làm sạch nước thải. Trong các công trình xử lý nước thải bằng quá trình hiếu khí thông thường, nồng độ của bùn hoạt tính thường không cao hơn 2-4 mg/L. Nếu tăng nồng độ bùn hoạt tính, hiệu quả làm sạch sẽ tăng lên, nhưng lượng oxy hòa tan sẽ nhanh chóng bị giảm sút. Ngoài ra, tuổi của bùn hoạt tính cũng rất quan trọng, bùn hoạt tính mới sẽ xốp hơn, có kích thước bé hơn và lượng động vật nguyên sinh ít hơn, đồng thời khả năng kết lắng cũng tốt hơn.

- *Các yếu tố vật lý của môi trường:*

+ **Nhiệt độ:** Phần lớn các công trình **xử lý hiếu khí xử lý** nước thải thường ở điều kiện môi trường tự nhiên và khó có thể điều chỉnh được nhiệt độ. Nhiệt độ có sự thay đổi rất lớn vào các mùa trong năm và vùng khí hậu. Sự dao động nhiệt độ, có thể từ 2-5 °C, **có thể** lên tới 25-30 °C, có thể ít hoặc nhiều ảnh hưởng đến thành phần quần thể sinh vật. Nhiệt độ xuống dưới 10 °C thì vi sinh vật ưa lạnh phát triển mạnh nhưng số lượng các loài và số lượng cá thể các loài VSV khác giảm. Tốc độ làm sạch sẽ giảm xuống chỉ còn một nửa nếu nhiệt độ đang từ 25 °C xuống 10 °C. Tăng nhiệt độ từ 27 °C lên 37 °C, tốc độ làm sạch tăng lên từ 2 đến 3 lần. Như vậy, nhiệt độ thích hợp để VSV phát triển và cho hiệu suất xử lý cao nhất là khoảng nhiệt độ từ 25 °C đến 37 °C.

+ *Nồng độ ôxy hòa tan:* khi tiến hành quá trình, các VSV liên tục sử dụng ôxy cho các quá trình phân hủy, chuyển hóa các hợp chất hữu cơ ô nhiễm, do đó phải cung cấp đầy đủ lượng ôxy vào trong nước thải sao cho lượng ôxy hòa tan trong nước ra khỏi bể lắng đợt II ≥ 2 mg/L.

+ *pH:* là một yếu tố quan trọng quyết định sự sống, sự phát triển của vi sinh vật. Phần lớn vi sinh vật không thể chịu được pH > 9, vì lúc này sẽ phá hủy cân bằng nguyên sinh chất tế bào làm cho vi sinh vật chết; pH < 4 sẽ thúc đẩy nấm phát triển. Thông thường pH tối ưu cho vi sinh vật phát triển tốt nhất trong khoảng 5,5-7,5.

- *Hàm lượng chất hữu cơ có trong nước thải:* Hàm lượng chất hữu cơ có trong nước thải không quá cao (chỉ nước thải có BOD toàn phần < 1.000 mg/L mới có thể được xử lý tốt bởi các công trình sinh học hiếu khí, đặc biệt công trình hiếu khí sử dụng màng lọc sinh học chỉ xử lý nước thải có BOD toàn phần < 500 mg/L).

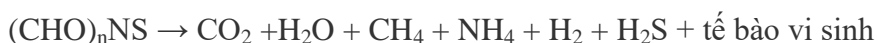
- *Các nguyên tố dinh dưỡng có trong nước thải:* Cần duy trì theo một tỷ lệ thích hợp: BOD toàn phần: N:P = 100:5:1. Hàm lượng nguyên tố vi lượng như Fe, Ca, Mo, Ni, Co, Zn, Cu, S, Cl,... phải nằm trong giới hạn cho phép. Ngoài ra, nồng độ muối vô cơ, lượng chất lơ lửng chảy vào bể xử lý cũng như các loài vi sinh vật và cấu trúc các chất ô nhiễm

hữu cơ cũng đóng vai trò rất quan trọng trong việc quyết định tốc độ quá trình xử lý hiếu khí.

1.3.2. Quá trình sinh học kỵ khí trong xử lý nước thải

1.3.2.1. Cơ chế của quá trình

* **Cơ chế lên men kỵ khí:** Sự chuyển hóa các hợp chất cao phân tử thành khí sinh học đòi hỏi sự tác động của nhiều nhóm vi sinh vật.



Quá trình phân hủy kỵ khí được tiến hành qua nhiều bước khác nhau. Quá trình chuyển hóa toàn phần bao gồm bốn giai đoạn chính:

Thủy phân: Quá trình này chuyển hóa các chất rắn phức tạp thành các hợp chất hòa tan với trọng lượng phân tử nhẹ hơn. Quá trình này đòi hỏi sự tác động của các enzym ngoại bào tiết ra từ các vi khuẩn gây men. Các chất đạm được phân hủy thành các axit amin; các cacbohydrat được chuyển hóa thành các đường đơn và các đường đôi; các chất béo được chuyển thành chuỗi các axit béo và glycerin. Trên thực tế, tốc độ thủy phân có thể gây ức chế tốc độ phân hủy kỵ khí. Đặc biệt, tốc độ chuyển hóa các chất béo sẽ xảy ra rất chậm trong điều kiện dưới 20 °C.

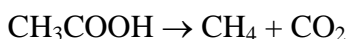
Axit hóa: Trong quá trình axit hóa, các chất hòa tan được tạo thành từ quá trình thủy phân dưới tác dụng của các vi khuẩn lên men được chuyển hóa thành các hợp chất hữu cơ đơn giản như axit béo dễ bay hơi, cồn, axit lactic và các chất khí như CO₂, H₂, NH₃, H₂S. Quá trình lên men axit được thực hiện bởi nhiều loài vi khuẩn khác nhau, nhưng phần lớn chúng là vi khuẩn kỵ khí bắt buộc. Tuy nhiên, cũng có thể có một số loại vi khuẩn lưỡng tính có thể chuyển hóa các chất hữu cơ qua con đường ôxy hóa. Điều này rất quan trọng trong xử lý nước thải kỵ khí, vì ôxy hòa tan có thể gây ảnh hưởng xấu cho các vi khuẩn kỵ khí và các vi khuẩn mêtan hóa.

Acetate hóa: Các hợp chất tạo thành từ quá trình axit hóa được chuyển hóa thành các sản phẩm cuối để sinh khí mêtan: acetate, H₂, CO₂. Khoảng 70 % COD trong nước thải đầu vào được chuyển thành axit

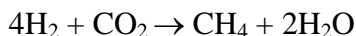
acetic và phần còn lại được tập trung làm nguồn cấp điện tử trong phản ứng tạo khí hydro. Tùy thuộc vào thế năng ôxy hóa của các chất hữu cơ ban đầu, quá trình acetate hóa có thể diễn ra cùng với sự tạo thành CO₂ hoặc H₂.

Mêtan hóa: Mêtan được tạo thành từ quá trình phân hủy acetate bởi các vi khuẩn lên men giấm hoặc từ phản ứng khử carbon dioxide bằng hydro bởi vi khuẩn hydro.

Tổng hợp mêtan từ vi khuẩn lên men giấm:



Tổng hợp mêtan từ vi khuẩn hydro:



Các vi khuẩn tổng hợp mêtan từ H₂ và CO₂ phát triển nhanh hơn các vi khuẩn sử dụng axetat. Vì vậy quá trình tổng hợp CH₄ bởi các vi khuẩn lên men giấm thường chiếm tỉ lệ giới hạn trong suốt quá trình chuyển hóa các hợp chất hữu cơ cao phân tử có trong nước thải thành khí sinh học.

Các nhóm vi khuẩn khác nhau tham gia trong quá trình chuyển hóa các chất hữu cơ đều có khả năng đồng hóa và dị hóa. Vì vậy, song song với quá trình giải phóng ra các sản phẩm lên men khác nhau, lượng sinh khối mới cũng được tạo thành trong bốn giai đoạn chuyển hóa được mô tả trên. Để thuận tiện, ba quá trình đầu tiên đôi khi được gộp lại với nhau và được gọi là quá trình lên men axit, quá trình thứ tư được gọi là quá trình mêtan hóa.

Quá trình lên men axit có khuynh hướng làm giảm pH do làm phát sinh các axit béo dễ bay hơi và các chất trung gian dễ phân ly. Vì quá trình mêtan hóa chỉ tiến triển tốt trong điều kiện pH trung tính, nên **vì lý do nào đó**, phản ứng có thể trở nên không ổn định do tốc độ khử axit trong quá trình mêtan hóa giảm so với tốc độ phát sinh axit, tổng lượng axit còn lại sẽ làm giảm pH gây ức chế khả năng phát triển hoạt động của các vi khuẩn mêtan hóa. Để tránh hiện tượng này, cần duy trì cân bằng giữa các quá trình lên men axit và mêtan hóa.

1.3.2.2. Ưu thế và hạn chế của quá trình

Các quá trình sinh học kỵ khí ưu thế hơn quá trình xử lý hiếu khí về một số điểm như có thể xử lý nước thải có nồng độ các chất hữu cơ cao với BOD toàn phần lên tới 50.000 mg/L. Bên cạnh đó, các vi khuẩn kỵ khí sẽ phân hủy và chuyển hóa các hợp chất hữu cơ thành CH_4 và H_2O mà không cần cung cấp dưỡng khí O_2 , khí CH_4 là khí kinh tế được thu hồi và có giá trị thương mại. Trước đây, quá trình kỵ khí được áp dụng để xử lý bùn cặn, các chất thải hữu cơ và nước thải có nồng độ chất hữu cơ cao. Trong các trạm xử lý nước thải đô thị thường có các bể mêtan để xử lý kỵ khí bùn cặn. Vấn đề thiếu năng lượng trong những năm 70, thế kỷ XX đã thúc đẩy việc phát triển và áp dụng rộng rãi công nghệ xử lý kỵ khí phát sinh năng lượng. Sau đó, đã có nhiều nghiên cứu thực nghiệm và nghiên cứu ứng dụng được tiến hành, các kỹ thuật xử lý kỵ khí nước thải ngày càng được cải tiến và kết quả là làm giảm đáng kể thời gian lưu bùn trong các công trình xử lý kỵ khí.

Tuy nhiên, quá trình kỵ khí lại đòi hỏi thời gian khởi động lâu hơn, cần bổ sung thêm các chất kiềm, vi khuẩn kỵ khí thường rất nhạy cảm với các chất độc. Tốc độ phát triển của các vi khuẩn kỵ khí thường chậm hơn, vì vậy đòi hỏi thời gian khởi động hệ thống lâu hơn, thường từ 8 đến 12 tuần. Hệ thống cần cung cấp các chất kiềm để trung hòa lượng khí CO_2 và các axit hữu cơ dễ bay hơi phát sinh từ quá trình phân hủy kỵ khí và duy trì độ pH thích hợp với sự phát triển của các vi khuẩn. Nếu lượng kiềm này không có sẵn trong nước thải hoặc không được tạo ra bởi quá trình phân hủy các chất đạm hay axit amin, nhu cầu bổ sung thêm các chất kiềm sẽ làm tăng chi phí hóa chất đáng kể.

1.3.2.3. Vai trò của vi sinh vật trong quá trình

Màu của các bùn trong phân hủy kỵ khí có màu đen, phụ thuộc vào điều kiện bên trong và bên ngoài môi trường xử lý nước thải, các nhóm vi sinh vật trong bùn hoạt tính khác nhau, chúng thể hiện khả năng thích ứng trên các nguồn cơ chất sẵn có trong nước thải, cũng như khả năng thích ứng với điều kiện sống mới. Khi thành phần môi trường nước thải thay đổi có thể làm thay đổi thành phần loài và số lượng vi sinh vật bởi tính cạnh tranh và tính thích nghi của các loài vi sinh vật này là

khác nhau. Các vi sinh vật trong phân hủy kỵ khí có các vi sinh vật thủy phân các chất hữu cơ phức tạp thành các phân tử hữu cơ hòa tan đơn giản.

Các vi khuẩn, nấm men, nấm mốc phân hủy hóa học tinh bột trong sự vắng mặt của ôxy. Vi khuẩn *Acetogenic* chuyển đổi các sản phẩm lên men thành acetate, hydro và carbon dioxide còn vi khuẩn men vi sinh *Methanogenic* chuyển đổi acetate và hydro/carbon dioxide thành khí mêtan. Các vi khuẩn *Acetogenic* phát triển gắn liền với các vi khuẩn men vi sinh *Methanogenic* trong giai đoạn thứ tư của quá trình. Lý do của điều này là việc chuyển đổi các sản phẩm lên men bởi các *Acetogenic* chỉ khi nồng độ hydro được giữ đủ thấp. Điều này đòi hỏi một mối quan hệ gần gũi giữa hai lớp của vi khuẩn. Quá trình kỵ khí chỉ diễn ra trong điều kiện yếm khí nghiêm ngặt.

Trong xử lý nước thải kỵ khí, các động vật nguyên sinh cũng đóng vai trò vô cùng quan trọng, chúng không những tham gia vào việc sử dụng chất hữu cơ mà còn điều chỉnh thành phần loài và tuổi của vi sinh vật trong bùn hoạt tính giữ chúng luôn ở mức tối ưu. Hấp phụ phần lớn các vi sinh vật, các loại động vật nguyên sinh (ĐVNS) có khả năng kích thích một lượng lớn các loại enzym ngoại bào của vi sinh vật, làm chúng trở nên đậm đặc trong màng nhày và tích cực tham gia vào việc làm sạch các chất bị nhiễm bẩn. Trong bùn hoạt tính thường gặp các đại diện của ĐVNS là *Sarcodiana*, *Mastgophora*, *Ciliata* và *Suctorina*. Bùn hoạt tính chất lượng cao có tỷ lệ 1 triệu vi khuẩn/10-15 ĐVNS. Sự có mặt của các ĐVNS không chỉ làm tăng cường quá trình làm sạch nước thải giàu các hợp chất hữu cơ và kết lắng bùn mà còn tăng cường loại bỏ các loài vi sinh vật gây bệnh.

1.3.2.4. Các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình

- Các yếu tố môi trường ảnh hưởng đến quá trình phân hủy kỵ khí nước thải gồm: nhiệt độ, pH, các thành phần dinh dưỡng chính và các hợp chất độc hại trong nước đầu vào.

+ *Ảnh hưởng của nhiệt độ tới quá trình phân hủy kỵ khí*: Cũng như các quá trình sinh học khác, hiệu suất phân hủy kỵ khí phụ thuộc nhiều vào nhiệt độ. Tốc độ chuyển hóa của các quá trình phân hủy kỵ

khí diễn ra nhanh nhất với các điều kiện nhiệt độ trong khoảng từ 35 °C đến 40 °C. Ảnh hưởng của nhiệt độ tới quá trình phân hủy kỵ khí không bị hạn chế khi thay đổi tốc độ của quá trình. Với tất cả các quy mô công suất, khả năng áp dụng quá trình phân hủy kỵ khí tại các khu vực có điều kiện khí hậu nhiệt đới với nhiệt độ nước thải trên 20 °C và cận nhiệt đới - nhiệt độ nước thải trên 15 °C thường khả thi hơn so với các vùng khí hậu ôn đới và lạnh - nhiệt độ dưới 10 °C.

+ *Ảnh hưởng của pH*: Giá trị và độ ổn định của pH trong bể phản ứng kỵ khí là yếu tố quan trọng vì quá trình mêtan hóa chỉ đạt hiệu suất cao trong điều kiện pH được duy trì ở mức trung tính. Khi giá trị pH thấp hơn 6,3 hoặc cao hơn 7,8, hiệu suất của quá trình mêtan hóa giảm. Các vi khuẩn lên men axit ít nhạy cảm với các giá trị pH cao hay thấp, vì vậy quá trình lên men axit sẽ chiếm ưu thế hơn mêtan hóa, điều đó có thể gây nên hiện tượng làm giảm pH trong bể phản ứng.

Giá trị pH trong bể phản ứng được thiết lập sau khi đạt được mức cân bằng ion trong các thành phần gốc axit khác nhau có mặt trong hệ thống. Các thành phần gốc axit yếu có ảnh hưởng lớn và đặc biệt là các hợp chất của axit carbonic thường là yếu tố quyết định, vì nồng độ của chúng nhìn chung thường vượt quá mức cơ bản so với các hợp chất khác như phosphat, amonia hoặc sulfat.

+ *Ảnh hưởng của các chất độc hại*: Ngoài nồng độ ion hydro, một số các thành phần khác cũng ảnh hưởng đến hiệu suất phân hủy kỵ khí, thậm chí với nồng độ rất thấp, như các kim loại nặng và các hợp chất axit hữu cơ. Tuy nhiên, sự có mặt của các hợp chất này với nồng độ gây hại thường hiếm xảy ra trong nước thải. Các hợp chất có thể gây ảnh hưởng xấu thường là ôxy và sulfit. Khả năng xâm nhập của ôxy có thể xảy ra thông qua hệ thống phân phối nước thải, nhưng sẽ được tiêu thụ trong quá trình lên men axit. Vì vậy thường không có ôxy hòa tan trong bể phản ứng kỵ khí, mặc dù không khí có thể xâm nhập vào cùng nước thải đầu vào, do đó sự xâm nhập của nó sẽ không đủ gây ảnh hưởng đối với hoạt động của bể phản ứng. Sulfit có thể được tạo thành trong quá trình từ phản ứng khử sulfat. Tuy nhiên, nồng độ sulfit có trong hệ thống xử lý kỵ khí nước thải đô thị thấp hơn nhiều so với giá trị nồng độ tối

thiếu có thể gây tác hại đối với hệ thống. Vì vậy, tác hại của các độc tố thường không phải là vấn đề cần lưu tâm đối với các hệ thống xử lý nước thải sinh hoạt kỵ khí.

Quá trình xử lý kỵ khí với khả năng chịu tải hữu cơ cao hơn, lượng chất hữu cơ được xử lý nhiều hơn và thông thường nồng độ hữu cơ trong nước thải đầu vào cao hơn nên nước thải sau xử lý thường còn dư nhiều chất hữu cơ hơn so với nước sau xử lý hiếu khí và cần được xử lý bổ sung nhằm đáp ứng yêu cầu chất lượng xả thải. Một chuỗi các bể phản ứng kết hợp các quá trình kỵ khí và hiếu khí có thể được ứng dụng trong xử lý nước thải đô thị ở những vùng có khí hậu ẩm, nhằm làm giảm bớt nhu cầu sử dụng năng lượng và giảm lượng bùn thải phát sinh.

1.3.3. Các hệ thống xử lý nước thải trong điều kiện tự nhiên

1.3.3.1. Cánh đồng tưới và cánh đồng lọc

Một số loại nước thải có hàm lượng chất hữu cơ dồi dào, có chứa ít hoặc không có chứa thành phần các hóa chất độc hại như nước thải sinh hoạt, nước thải đô thị (không bao gồm nước thải công nghiệp sản xuất đặc thù chưa xử lý), nước thải các nhà máy chế biến thực phẩm,... Lượng chất hữu cơ và các thành phần dinh dưỡng có trong nước thải thường rất phù hợp với cây trồng. Đặc biệt trong nước thải sinh hoạt, có chứa một hàm lượng N, P, K đáng kể, tỷ lệ thường là $N:P:K = 5:1:2$, là một nguồn nước tưới có hàm lượng chất dinh dưỡng thích hợp với sự phát triển của thực vật. Do đó, việc tận dụng các nguồn nước thải giàu chất hữu cơ này như nguồn phân bón để tưới lên các cánh đồng nông nghiệp ở những vùng ngoại ô trong đó, nước thải công nghiệp cũng có thể sử dụng nếu chúng ta loại bỏ các chất độc hại. Việc tận dụng nguồn nước thải này để tưới cho cây sẽ tận dụng được lượng chất dinh dưỡng có sẵn, giảm lượng phân bón hóa học, lại đỡ được một phần chi phí xử lý nước thải.

Cánh đồng tưới và bãi lọc là những mảnh đất được san phẳng hoặc tạo dốc không đáng kể và được ngăn cách và tạo thành các ô bằng các bờ đất. Nước thải phân bố vào các hệ thống mạng lưới phân phối gồm: mương chính, máng phân phối và hệ thống tưới trong các ô. Nếu khu đất

chỉ dùng xử lý nước thải, hoặc chứa nước thải khi cần thiết gọi là bãi lọc. Việc xử lý nước thải bằng cánh đồng tưới, cánh đồng lọc dựa trên khả năng giữ các cặn nước trên mặt đất, nước thấm qua đất như đi qua khe lọc, nhờ có ôxy trong các lỗ hổng và mao quản của lớp đất mặt, các vi sinh vật hiếu khí hoạt động phân hủy các chất hữu cơ nhiễm bẩn. Càng sâu xuống, lượng ôxy ít và quá trình ôxy hóa các chất hữu cơ giảm dần. Cuối cùng đến độ sâu mà ở đó chỉ xảy ra quá trình khử nitrat. Đã xác định được quá trình ôxy hóa nước thải chỉ xảy ra ở lớp đất mặt sâu tới 1,5 m. Vì vậy, các cánh đồng tưới và bãi lọc thường được xây dựng ở những nơi nào có mực nguồn nước thấp hơn 1,5 m so với mặt đất.

Tuy nhiên, trước khi đưa nước thải vào cánh đồng, cần phải xử lý sơ bộ nước thải bằng cách cho qua song chắn rác, bể lắng cát hoặc bể lắng. Việc sử dụng nước thải phải có ý kiến của chuyên gia nông nghiệp. Thường nước thải được đưa vào cánh đồng sau quá trình thu hoạch, khi cây đang phát triển ổn định và tránh xa mùa thu hoạch ít nhất 4 tuần trước khi thu hoạch đối với cây dài ngày, 2 tuần đối với cây ngắn ngày.

1.3.3.2. Bãi lọc ngập nước

* *Khái niệm:* Bãi lọc ngập nước (BLNN) là **hệ sinh thái ngập nước** với mực nước nông hoặc xấp xỉ bề mặt đất. Trong hệ sinh thái này, có thể tồn tại một sự đa dạng lớn với các loài sinh vật, từ các vi sinh vật, các vi nấm, đến các thực vật ưa ẩm, ưa nước,... Tồn tại một xã hội rất phức tạp, khi các loài sinh vật này cùng nhau tồn tại với những chức năng sinh thái riêng, có thể hỗ trợ lẫn nhau, có thể cạnh tranh nhau, có thể đối kháng nhau,...

* *Chức năng của BLNN:* Trong BLNN, các vi sinh vật, nấm phân hủy các chất hữu cơ phức tạp lấy từ môi trường tạo thành những chất khoáng, chất mùn,... cung cấp cho các thực vật xanh. Các thực vật xanh sử dụng năng lượng mặt trời, các khoáng chất lấy ra từ môi trường đất và nước, chuyển hóa thành các chất hữu cơ là nguồn năng lượng cung cấp cho các hoạt động sống và phát triển của các vi khuẩn dị dưỡng như động vật, vi khuẩn và nấm. Nhờ đó, BLNN có khả năng phân hủy, chuyển hóa các chất hữu cơ và các chất khác. Tận dụng khả năng này, BLNN nhân tạo ra đời, được sử dụng để làm sạch các loại nước thải

giàu chất hữu cơ như nước thải đô thị, nông nghiệp, công nghiệp thực phẩm và nước mưa. Bãi lọc ngập nước được coi như “quả thận của tạo hóa” với những đặc tính về thủy học và các chu trình hóa học, là nơi chứa các chất thải từ các nguồn tự nhiên và nhân tạo.

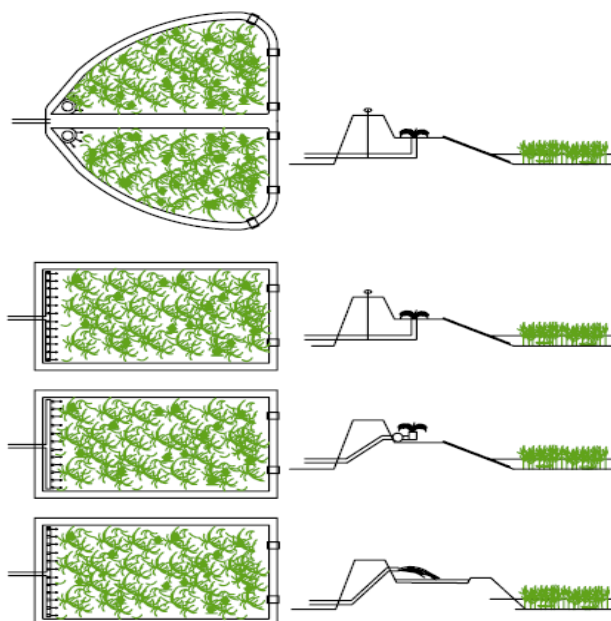
Ngoài mục đích dùng để xử lý nước, BLNN còn có những lợi ích khác như tạo cảnh quan và môi trường sống cho con người và các loài thú. Có thể coi bãi lọc ngập nước như các “siêu thị sinh học” bởi tính đa dạng sinh học của nó. Nhiều loài muông thú như chim, bò sát, các động vật lưỡng cư, cá,... sống và phát triển trong môi trường bãi lọc ngập nước hoặc sử dụng cánh đồng ngập nước làm nơi cư trú định kỳ với một khoảng thời gian nhất định trong chu trình sống và phát triển. Bãi lọc ngập nước còn có các giá trị cao về thẩm mỹ.

* *Phân loại BLNN*: Có hai loại BLNN nhân tạo chính bao gồm BLNN dòng chảy bề mặt và BLNN dòng chảy ngầm.

- BLNN dòng chảy bề mặt (Hình 1.1): Đối với các loại BLNN dòng chảy bề mặt có thể được phân loại theo hình thức nuôi trồng điển hình của các loại thực vật như: hệ thống thực vật nổi, hệ thống rễ chùm nổi và hệ thống thực vật ngập nước. Hầu hết các hệ thống đều sử dụng các loại cây rễ chùm, tuy nhiên có thể phân loại theo dạng vật liệu sử dụng và chế độ dòng chảy trong hệ thống. Tất cả các dạng BLNN đều được trồng ít nhất là một loại thực vật có rễ trong một loại vật liệu lọc nào đó, thường là đất, sỏi hoặc cát. Các chất ô nhiễm được khử nhờ sự phối hợp của các quá trình hóa học, lý học, sinh học, lắng, kết tủa và hấp thụ vào đất, quá trình đồng hóa bởi thực vật và các sự chuyển hóa bởi các vi khuẩn.

BLNN tự nhiên có diện tích từ nhỏ hơn 1 ha cho tới hơn 1.000 ha; khoảng 50 % có diện tích trong khoảng 10 ha đến 100 ha. Bãi lọc ngập nước nhân tạo dòng chảy bề mặt thường có diện tích nhỏ hơn: khoảng 60 % có diện tích nhỏ hơn 10 ha. Thông thường, tải lượng thủy lực trong các bãi lọc tự nhiên thường nhỏ hơn so với các bãi lọc nhân tạo do không được thiết kế cho mục đích xử lý nước thải. Các hệ thống được thiết kế cho mục đích xử lý nước thải có nồng độ nitơ và phospho thấp

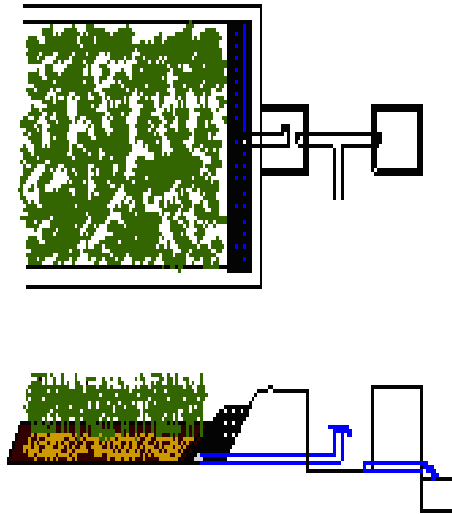
thường có tải lượng bề mặt rất thấp, ngược lại đối với các hệ thống được thiết kế để xử lý các chất hữu cơ và chất lơ lửng thường có tải lượng bề mặt cao hơn. Chiều sâu mực nước trong hệ thống khoảng 5 cm đến 90 cm, thông thường là 30 cm đến 40 cm. Hệ thống dòng chảy bề mặt thường được sử dụng để xử lý bổ sung và được bố trí sau các loại hồ sinh học tùy tiện hoặc hồ hiếu khí trong dây chuyền xử lý nước thải.



Hình 1.1. BLNN dòng chảy bề mặt

- BLNN dòng chảy ngầm (Hình 1.2): Ở châu Âu, các hệ thống bãi lọc dòng chảy ngầm qua đất và sỏi đã được ứng dụng và xây dựng rất phổ biến. Sậy (*Phragmites australis*) là loại thực vật được trồng phổ biến nhất trong hầu hết các hệ thống, một số hệ thống có trồng thêm các loại thực vật khác. Đất hoặc sỏi thường được dùng làm vật liệu trong các bãi lọc vì chúng có khả năng duy trì dòng chảy ngầm. Các hệ thống sử dụng đất thường gặp các vấn đề về dòng chảy tràn bề mặt, đối với các hệ thống sử dụng sỏi thường gặp các hiện tượng tắc dòng. Hệ thống dòng chảy ngầm thường có diện tích bề mặt nhỏ hơn 0,5 ha và tải lượng thủy lực lớn hơn so với hệ thống dòng chảy bề mặt.

Ở châu Âu, các hệ thống dòng chảy ngầm thường được sử dụng để xử lý bậc hai đối với nước thải sinh hoạt từ các khu vực nông thôn có dân số khoảng 4.400 dân. Ở Bắc Mỹ, hệ thống này được sử dụng để xử lý bậc ba đối với nước thải sinh hoạt từ các khu vực có dân số lớn hơn.



Hình 1.2. BLNN dòng chảy ngầm

* *Cơ chế xử lý của BLNN:* Cơ chế xử lý chính đối với các thành phần nitơ trong BLNN nhân tạo là các quá trình nitrat hóa và khử nitrat. Tại các vùng hiếu khí, các vi khuẩn nitrat hóa oxy hóa amoni thành nitrat, tại các vùng thiếu khí các vi khuẩn khử nitrat chuyển hóa nitrat thành khí nitơ. Ôxy cần thiết cho quá trình nitrat hóa được cung cấp từ không khí và từ hệ rễ thực vật. Trong hệ thống dòng chảy ngầm đứng với hình thức tưới gián đoạn, khả năng oxy hóa cao hơn nên hiệu quả nitrat hóa đạt cao hơn nhiều so với hệ thống đất bão hoà nước. Cây trồng hấp thụ nitơ và tổng hợp thành sinh khối. Tuy nhiên sự hấp thụ nitơ bởi cây trồng thường có tốc độ thấp hơn so với quá trình khử nitrat.

Ngoài ra, sự phân hủy các chất ô nhiễm cũng được thực hiện bởi các quá trình khác. Các vùng kỵ khí cũng thường được hình thành trong BLNN nhân tạo và các chất ô nhiễm cũng được khử trong điều kiện kỵ khí tại các vùng này. Các vi khuẩn kỵ khí có thể phân hủy kỵ khí các hợp chất hữu cơ và khử nitrat. Quá trình khử nitrat chỉ có thể xảy ra

trong điều kiện không có ôxy và giàu carbon hữu cơ là nguồn dinh dưỡng cho các vi khuẩn khử nitrat.

Quá trình khử phospho trong BLNN xảy ra chủ yếu bởi các phản ứng hấp thụ và kết tủa cùng các nguyên tố khoáng chất như nhôm, sắt, canxi và mùn sét trong đất trầm tích. Các trạng thái đất ẩm và khô trong các giai đoạn luân phiên làm tăng khả năng cố định phospho trong lớp trầm tích. Sự hấp thụ phospho bởi thực vật đóng vai trò quan trọng trong hệ thống có tải lượng bề mặt thấp. Các virus, mầm bệnh được khử trong BLNN bằng các quá trình lắng, lọc và tiêu hủy tự nhiên trong môi trường không thuận lợi. Ngoài ra, các vi khuẩn cũng bị ảnh hưởng bởi các chất kháng sinh tiết ra từ hệ thống rễ thực vật. Bức xạ tử ngoại cũng đóng vai trò lớn trong quá trình khử trùng đối với hệ thống có lớp nước bề mặt. Một phần nhỏ các nguyên tố kim loại cũng được hấp thụ và kết hợp cùng các khoáng chất hữu cơ và được tích tụ trong BLNN dưới dạng trầm tích. Sự hấp thụ bởi thực vật và chuyển hóa bởi các vi khuẩn cũng có thể đóng vai trò quan trọng trong xử lý kim loại.

* *Khả năng xử lý của BLNN*: Tất cả các dạng BLNN đều có khả năng khử chất lơ lửng với hiệu quả cao. Nồng độ chất lơ lửng trong nước sau xử lý trung bình nhỏ hơn 20 mg/L và thường dưới 10 mg/L. Đối với hệ thống dòng chảy bề mặt có diện tích mặt nước tiếp xúc với không khí lớn, hiệu quả xử lý chất lơ lửng thường thấp hơn do khả năng phát triển của các loại rong, tảo. Các bãi lọc loại này cần được thiết kế có độ sâu mực nước thấp, trồng các loại thực vật nổi với mật độ lớn tại khu vực thu nước để loại bỏ tảo trước khi xả nước ra nguồn tiếp nhận. Thực vật nổi trồng trên bề mặt nước sẽ hạn chế khả năng phát triển tảo do ngăn cản quá trình quang hợp của các loài thực vật sống trong nước.

BLNN có khả năng cao trong xử lý chất ô nhiễm dễ phân hủy sinh học, BOD trong nước sau xử lý thường nhỏ hơn 20 mg/L. Trong tất cả các dạng bãi lọc đều có chu trình tuần hoàn carbon riêng sản sinh một lượng nhỏ chất hữu cơ dễ phân hủy sinh học (1-3 mg/L). Vì vậy, BOD trong nước sau xử lý thường trong mức giới hạn thấp. Thậm chí đối với những khu vực có điều kiện khí hậu thấp hoặc có khả năng đóng băng vào mùa đông, BOD trong nước sau xử lý vẫn đạt ở mức thấp.

Khả năng khử nitơ và phospho của BLNN nhân tạo có thể không ổn định và phụ thuộc vào các đặc tính thiết kế và tải lượng chất ô nhiễm. Sự gia tăng lượng sinh khối dư và các khoáng chất là cơ sở bền vững cho quá trình khử phospho trong BLNN. Để đạt được hiệu quả xử lý phospho thường phải mất một thời gian lâu. Bãi lọc dùng trong mục đích xử lý phospho thường lớn và tiếp nhận nước thải loãng hoặc nước thải đã được xử lý sơ bộ. BLNN có khả năng xử lý nitơ dễ hơn so với phospho. Các hợp chất chứa nitơ được các vi khuẩn chuyển hóa thành khí nitơ và thoát vào khí quyển. Quá trình oxy hóa thường giới hạn khả năng khử nitơ, vì vậy cấu tạo của bãi lọc và thành phần các chất ô nhiễm trong nước thải có ảnh hưởng lớn tới khả năng khử nitơ. Các hệ thống dòng chảy ngầm thường đạt hiệu quả khử nitơ ở mức 30 ÷ 40 %; đối với hệ dòng chảy bề mặt có tải trọng bề mặt thấp hơn và thường có hiệu quả khử nitơ đạt cao hơn 50 %.

BLNN có khả năng lưu giữ tốt một số kim loại nặng. Tuy nhiên khả năng lưu giữ kim loại của bãi lọc thường có giới hạn nhất định, trong trường hợp quá tải, nồng độ kim loại có thể đạt ngưỡng gây độc cho hệ thực vật trong hệ thống. Vì vậy không nên sử dụng BLNN để xử lý các loại nước thải có nồng độ kim loại nặng cao.

BLNN nhân tạo có khả năng khử vi trùng thông qua các quá trình tiêu hủy tự nhiên, nhiệt độ thấp, bức xạ tử ngoại, thức ăn của các loại động vật trong hệ thống, lắng đọng. Thông thường thời gian lưu giữ nước trong bãi lọc lâu nên khả năng khử khuẩn cao đặc biệt là đối với hệ thống BLNN trồng cây.

Các loại thực vật trồng trong bãi lọc thường có năng suất phát triển cao vì thế nhu cầu hấp thụ các chất dinh dưỡng cũng đáng kể. Khả năng hấp thụ của thực vật có thể khử các chất dinh dưỡng trong nước thải, chuyển hóa thành sinh khối và được định kỳ thu hoạch ra khỏi hệ thống. Bảng 1.1 trình bày vai trò của thực vật trong BLNN. Tuy nhiên, BLNN nhân tạo được sử dụng với mục đích xử lý nước thải, lượng chất dinh dưỡng được khử do thu hoạch cây trồng thường không đáng kể so với tải lượng dinh dưỡng cần loại bỏ từ nước thải.

Bảng 1.1. Vai trò của thực vật trong BLNN (Brix, 1997)

Các bộ phận của thực vật	Vai trò trong xử lý
Những mô nổi trên mặt nước	Giảm ánh sáng → giảm sự phát triển của các phiêu sinh vật; Ảnh hưởng đến khí hậu tại khu vực → cách nhiệt về mùa đông; Giảm sức gió → giảm nguy cơ xáo trộn; Tạo cảnh quan đẹp; Tích tụ chất dinh dưỡng.
Những mô chìm dưới nước	Có tác dụng lọc → lọc các vật thể trong dòng nước thải; Giảm tốc độ dòng chảy → tăng tốc độ lắng đọng, giảm nguy cơ xáo trộn; Cung cấp bề mặt dính bám cho các màng sinh học; Nhả khí ôxy thông qua quá trình quang hợp → tăng cường quá trình phân hủy hiếu khí; Tiêu thụ chất dinh dưỡng.
Rễ và thân rễ trong lớp bùn	Gia cố bề mặt lớp bùn lắng đọng → ít xói mòn; Chống tắc nghẽn trong hệ thống dòng chảy đứng; Nhả khí ôxy làm tăng cường quá trình phân hủy hiếu khí và nitrat hoá; Tiêu thụ chất dinh dưỡng; Làm phát sinh các chất kháng sinh.

1.3.3.3. Hồ sinh học

* *Khái niệm:* Hồ sinh học, là các hồ có diện tích lớn nhưng không sâu, có nguồn gốc tự nhiên hoặc nhân tạo, thường có hình chữ nhật, được thiết kế để cho dòng nước thải vào ở một phía và ra ở phía đối diện, còn gọi là hồ ôxy hóa, hồ ổn định nước thải,... (Hình 1.3). Các hồ này được sử dụng rộng rãi ở châu Âu và Nam Mỹ, là loại công trình xử lý nước thải phù hợp với các nước đang phát triển ở vùng khí hậu nóng.

* *Chức năng của hồ sinh học:* Các yếu tố tự nhiên như nhiệt độ cao và giàu ánh sáng mặt trời thúc đẩy sự phát triển nhanh của các loại vi sinh vật chủ yếu là vi khuẩn và vi tảo để xử lý các chất hữu cơ dễ phân hủy sinh học có trong nước thải, theo cả hai cách hiếu khí và kỵ

khí. Các quá trình diễn ra trong hồ sinh học là một chu trình tự nhiên và liên tục. Hồ sinh học dùng xử lý nước thải bằng biện pháp sinh học chủ yếu dựa vào quá trình làm sạch của hồ. Ngoài việc xử lý nước thải hồ sinh học còn được kết hợp dùng làm môi trường nuôi trồng thủy sản, cung cấp nước tưới cho cây trồng và là nơi điều hòa dòng chảy.



Hình 1.3. Hồ sinh học xử lý nước thải

* *Phân loại hồ sinh học:* Theo quá trình sinh hóa, người ta chia hồ sinh học ra các loại: hồ kỵ khí, **hồ tùy tiện** và hồ hiếu khí.

- Hồ sinh học kỵ khí thường sâu từ 2 m đến 5 m. Hồ tiếp nhận nước thải mới có tải lượng chất hữu cơ cao. Các loại cặn trong nước thải lắng xuống đáy hồ tạo thành lớp bùn cặn. Và tại đây quá trình lên men kỵ khí nhờ các loại vi khuẩn tạo axit, vi khuẩn tạo aceton và vi khuẩn tạo mêtan thực hiện trong điều kiện nhiệt độ trên 15 °C. Hồ sinh học kỵ khí hoạt động rất tốt đối với các vùng khí hậu ẩm. Khoảng 40 % chất hữu cơ phân hủy sinh học được xử lý ở 10 °C hoặc thấp hơn cho đến trên 60 % ở 20 °C và trên đó. Sự xuất hiện mùi chủ yếu là do khí hydro sulfur được hình thành là một trong những nhược điểm chính của hồ sinh học kỵ khí.

- **Hồ tùy tiện** có 2 quá trình xảy ra song song là: ôxy hóa hiếu khí và phân hủy mêtan cặn lắng. Gồm có 3 lớp: hiếu khí, trung gian và kỵ khí. Nguồn ôxy cấp chủ yếu là do quá trình quang hợp rong tảo. Quá trình kỵ khí ở đáy phụ thuộc vào nhiệt độ. Chiều sâu của **hồ tùy tiện** từ 0,9-1,5 m.

- Hồ hiếu khí ôxy hoá các hợp chất hữu cơ nhờ vi sinh vật hiếu khí. Có 2 loại:

+ Hồ làm thoáng tự nhiên, trong đó ôxy được cấp chủ yếu do quá trình khuếch tán không khí qua mặt nước và quang hợp của các thực vật. Diện tích hồ lớn, chiều sâu của hồ từ 30-50 cm. Thời gian lưu nước từ 3-12 ngày;

+ Hồ làm thoáng nhân tạo với ôxy được cấp bằng khí nén và máy khuấy. Tuy nhiên, hồ hoạt động như hồ kỵ hiếu khí. Chiều sâu từ 2-4,5 m, tải trọng chất hữu cơ 400 kg/ha/ngày. Thời gian lưu nước từ 1-3 ngày.

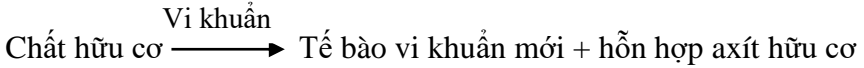
Ba loại hồ sinh học nói trên thường được bố trí thành các chuỗi hồ nối tiếp hoặc song song theo cách có một hồ tùy tiện sơ cấp sẽ kế tiếp một hoặc một số hồ hiếu khí; một hồ kỵ khí theo sau là một hoặc một số hồ hiếu khí; hoặc một hồ kỵ khí tiếp theo là hồ tùy tiện thứ cấp và một hay nhiều hồ hiếu khí. Mỗi loại chuỗi hồ đều có tính ưu việt khác nhau, phụ thuộc vào chức năng cũng như yêu cầu chất lượng nước thải đầu ra.

* *Cơ chế xử lý*: Vi sinh vật sử dụng ôxy sinh ra từ rêu tảo trong quá trình quang hợp cũng như ôxy từ không khí để ôxy hóa các chất hữu cơ, rong tảo lại tiêu thụ CO_2 , phosphat và nitrat sinh ra từ sự phân hủy, ôxy hóa các chất hữu cơ bởi vi sinh vật. Để hồ hoạt động bình thường cần phải giữ giá trị pH và nhiệt độ tối ưu. Nhiệt độ không được thấp hơn 20°C . Sức chứa của hồ cho phép hồ hấp thụ được cả độ sốc tải lượng hữu cơ lẫn tải lượng thủy lực của nước thải đầu vào; các quá trình diễn ra như sau: Quá trình lắng sơ bộ sẽ diễn ra trước, theo đó các chất lơ lửng sẽ lắng xuống đáy hồ; tiếp theo các chất hữu cơ trong nước thải sẽ được lên men kỵ khí trong điều kiện không có ôxy hay ôxy hóa hiếu khí

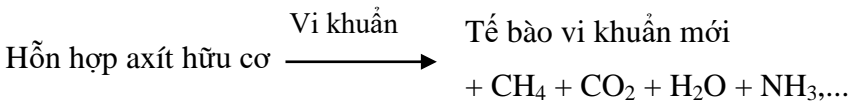
trong điều kiện có oxy tự do. Các quá trình lên men kỵ khí và oxy hóa hiếu khí như sau:

- Lên men kỵ khí gồm hai giai đoạn:

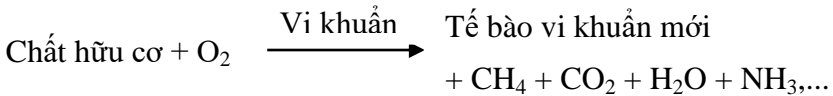
+ Giai đoạn thứ nhất: phân hủy chất hữu cơ, tại đây vi khuẩn sẽ lên men để tạo thành sinh khối mới và hình thành các sản phẩm trung gian khác là axit hữu cơ.



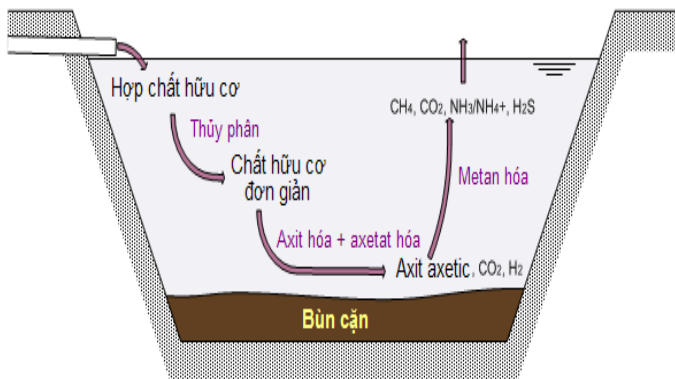
+ Giai đoạn thứ hai: phân hủy các chất hữu cơ hình thành từ giai đoạn một nhờ các loại vi khuẩn tạo mêtan thành khí mêtan và các sản phẩm đơn giản khác.



Ôxy hóa hiếu khí có thể biểu diễn bằng quá trình đơn giản như sau:



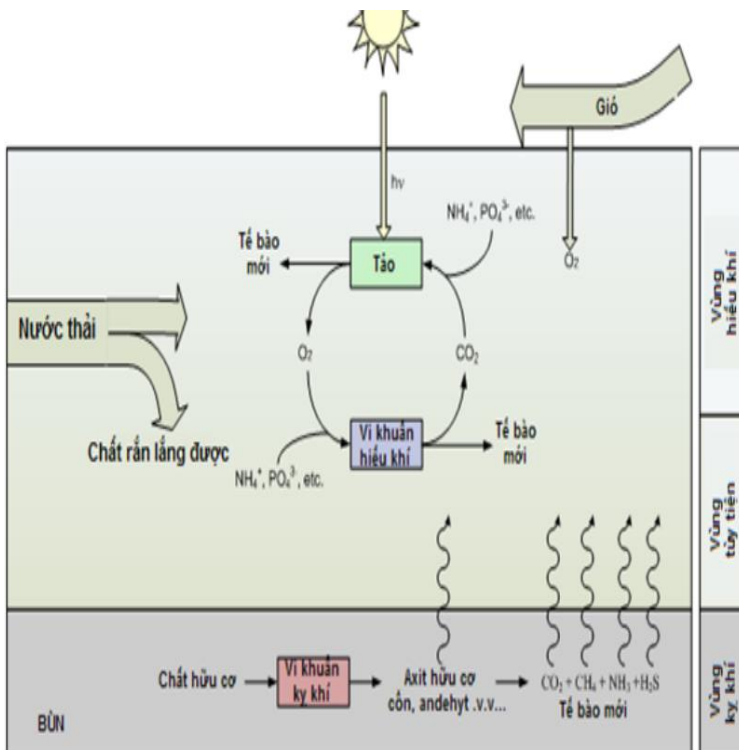
Một lượng lớn oxy được cung cấp nhờ quá trình quang hợp của tảo.



Hình 1.4. Quá trình phân hủy các hợp chất hữu cơ trong hồ sinh học kỵ khí

* *Chức năng của hồ sinh học*: Quá trình xử lý nước thải bằng hồ sinh học thường được diễn ra trong hai hoặc nhiều hồ. Sự sắp xếp thay thế về kích thước và độ sâu hồ có thể thúc đẩy quá trình hiếu khí ở hồ này hoặc kỵ khí ở hồ kia. Trong quá trình xử lý kế tiếp, từng hồ có chức năng riêng và chúng được thiết kế phù hợp với mục đích tách các phần tử ô nhiễm ra khỏi nước thải. Dòng nước thải ra khỏi hồ sẽ giàu dinh dưỡng do nồng độ tảo lớn nhưng số lượng các vi sinh vật gây bệnh và các sinh vật nguồn gốc từ chất thải sinh hoạt khác giảm đáng kể.

Bản chất của hồ kỵ khí và hồ tùy tiện là xử lý chất hữu cơ dễ phân hủy sinh học và xử lý triệt để các loại vi khuẩn gây bệnh (chỉ tiêu *faecal coliform* thường được sử dụng để chỉ thị cho quá trình xử lý). Tất nhiên, quá trình xử lý chất hữu cơ dễ phân hủy sinh học vẫn tiếp tục diễn ra trong hồ xử lý triệt để và quá trình xử lý vi khuẩn gây bệnh và các chất dinh dưỡng vẫn có trong các hồ kỵ khí và hồ tùy tiện.



Hình 1.5. Các quá trình xử lý chất hữu cơ phân hủy sinh học trong hồ tùy tiện

Hồ kỵ khí xử lý được nước thải ô nhiễm hữu cơ có hàm lượng chất lơ lửng lớn do đó được dùng để lắng và phân huỷ cặn lắng bằng phương pháp sinh học tự nhiên dựa trên sự phân giải của VSV kỵ khí nên thường được dùng xử lý nước thải công nghiệp ô nhiễm hữu cơ cao. Trong hồ không có ôxy hòa tan và không chứa hoặc chứa một lượng rất nhỏ vi tảo.

Hồ tùy tiện và hồ hiếu khí xử lý triệt để các quần thể tảo lớn. Tảo đóng vai trò chủ yếu trong quá trình ổn định nước thải. Các hồ này đôi khi còn được gọi là hồ sinh học quang hợp hay là hồ sinh học làm thoáng tự nhiên. Có một số phương án bố trí các dạng hồ. Ví dụ, hồ tùy tiện có thể chia thành hồ tùy tiện sơ cấp và hồ tùy tiện thứ cấp, trong đó chúng tiếp nhận nước thải mới và đã lắng, tách biệt, thường là dòng ra từ các hồ kỵ khí. Hồ hiếu khí đôi khi được sử dụng để tăng cường hiệu quả xử lý bằng vi sinh vật đối với dòng ra từ các hệ thống xử lý nước thải truyền thống. Cũng vì vậy các loại hồ này còn được gọi là hồ xử lý bậc cuối.

Hệ thống hồ sinh học ổn định nước thải có cấu tạo đơn giản, không cần có các thiết bị cơ điện đắt tiền và không sử dụng nhiều điện năng, dễ xây dựng, giá thành thấp, tính đệm lớn và hiệu quả xử lý cao. Các công nhân trình độ thấp, nếu được giám sát chặt chẽ, cũng có thể vận hành và duy tu các hồ ổn định nước thải. Tuy nhiên, do đòi hỏi diện tích rộng nên giá đất và yêu cầu sử dụng đất có thể là yếu tố trở ngại chính đối với hồ sinh học ổn định nước thải.

* *Khả năng xử lý*: Hồ sinh học ổn định nước thải có thể chịu được hàm lượng kim loại nặng cao, đến khoảng 30 mg/L. Hồ còn có thể hấp phụ được hiện tượng sốc hữu cơ hoặc tải thủy lực trong dòng nước thải vào. Các hệ thống hồ được thiết kế đúng có thể có hiệu suất xử lý chất hữu cơ phân huỷ sinh học trên 90 %, xử lý từ 70-90 % nitơ và 30-50 % phospho. Đặc biệt, hồ sinh học ổn định nước thải có khả năng xử lý các loại sinh vật bài tiết gây bệnh cao. Thực tế đã chứng minh, các hồ sinh học được thiết kế đúng có thể diệt được 105 số vi khuẩn gây bệnh và có thể đạt tới ngưỡng quy định của Tổ chức Y tế Thế giới đối với nước tưới cây.

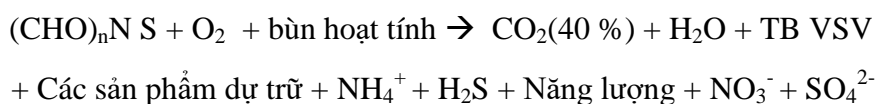
Tuy nhiên, hiệu quả xử lý chất lơ lửng của hồ sinh học thấp hơn các công trình xử lý nước thải khác do sự xuất hiện tảo trong dòng nước thải ra khỏi hồ. Mặc dù không đến mức báo động, nhưng hàm lượng các chất lơ lửng trong nước thải ra khỏi hồ cao hơn so với các công trình xử lý thứ cấp khác. Thời gian lưu thủy lực lâu, thể tích hồ lớn để xử lý nước thải có thể là yếu tố hạn chế đối với quá trình này do yêu cầu diện tích và chi phí đất sử dụng cao.

1.3.4. Các hệ thống sinh học xử lý nước thải trong điều kiện nhân tạo

Trong môi trường tự nhiên, các VSV dị dưỡng và tự dưỡng sẵn có khả năng đồng hoá được rất nhiều nguồn cơ chất khác nhau để tạo thành nguồn năng lượng cho sự hoạt động và phát triển của chúng. Nhờ khả năng đồng hóa các chất này mà các quá trình chuyển hoá vật chất, quá trình tạo cặn lắng và quá trình tự làm sạch nguồn nước được diễn ra. Trong các công trình xử lý nước thải do con người xây dựng nên thì việc cung cấp các điều kiện tốt nhất để có thể tận dụng được khả năng tối đa này của vi sinh vật là điều con người mong muốn.

1.3.4.1. Xử lý nước thải bằng bể hiếu khí Aerotank

Bể Aerotank là công trình xử lý nước thải bằng biện pháp sinh học trong đó khí ôxy được cấp và được khuấy trộn đều trong nước thải cùng với bùn hoạt tính - loại bùn xốp chứa nhiều vi sinh vật có khả năng ôxy hoá các chất hữu cơ. Quy trình xử lý nước thải bằng bùn hoạt tính được thực hiện ở nước Anh từ năm 1914, đã được duy trì và phát triển đến nay, với phạm vi ứng dụng rộng rãi xử lý nước thải sinh hoạt và nước thải công nghiệp. Nhờ quá trình cấp khí và khuấy trộn này mà hoạt động của vi sinh vật hiếu khí được tăng cường, các chất hữu cơ hòa tan và lơ lửng bị ôxy hóa thành khí và các chất đơn giản như sau:



Cấu trúc của bể Aerotank phải đảm bảo luôn chứa được lượng bùn cao trong bể, phải đảm bảo để vi sinh vật phát triển mạnh liên tục ở giai đoạn bùn trẻ và luôn phải cấp đủ ôxy cho vi sinh vật ở tất cả các điểm

của bể. Công nghệ xử lý bằng bể Aerotank đơn giản và có chi phí ban đầu thấp. Tuy nhiên, do vi sinh vật phát triển chậm nên sinh khối không nhiều, hiệu quả xử lý không cao.



Hình 1.6. Bể aero tank xử lý nước thải sinh hoạt đô thị

Dựa theo sơ đồ vận hành có thể phân loại bể Aerotank như sau:

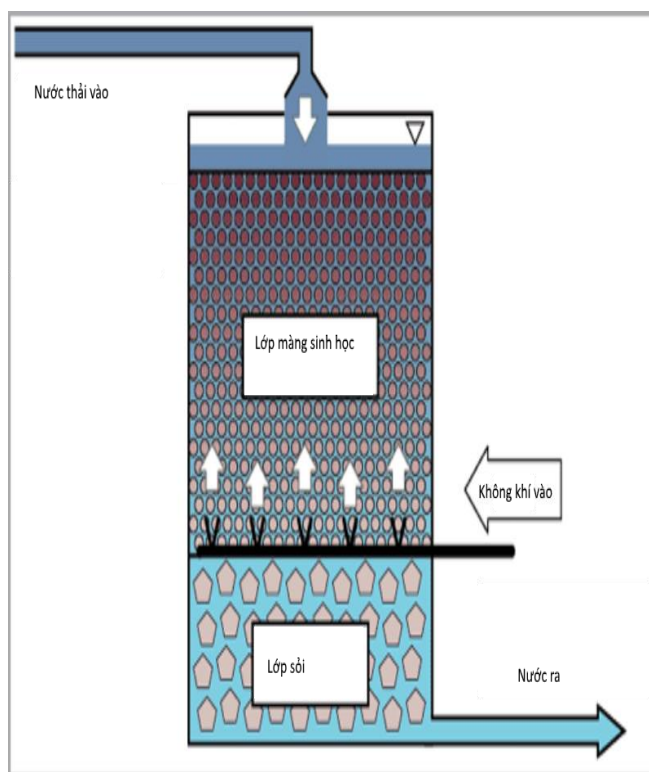
* *Bể Aerotank tải trọng thấp - bể Aerotank truyền thống*: Nước thải sau bể lắng đợt 1 được khuấy trộn đều với bùn hoạt tính tuần hoàn ở ngay đầu bể Aerotank. Đối với nước thải sinh hoạt có mức độ ô nhiễm trung bình, lưu lượng tuần hoàn thường từ 20-30 % lưu lượng nước thải đi vào. Dung tích bể được thiết kế với thời gian lưu nước để làm thoáng trong bể từ 6 giờ đến 8 giờ khi dùng hệ thống sục gió và từ 9 giờ đến 12 giờ khi dùng thiết bị khuấy cơ khí làm thoáng bề mặt. Chỉ số thể tích bùn thường dao động từ 50-150 mg/L, tuổi bùn thường từ 3 ngày đến 15 ngày. BOD₅ đầu vào thường < 400 mg/L, hiệu quả xử lý của bể phụ thuộc vào sự dao động lưu lượng và nồng độ các chất độc (kim loại nặng) do nước thải công nghiệp chưa xử lý xả vào, thường đạt hiệu quả xử lý 80-95 %.

* *Bể Aerotank tải trọng cao*: Bể Aerotank tải trọng cao có thể xử lý nước thải có hàm lượng $BOD_5 > 500$ mg/L trong điều kiện pH từ 6,5-9, nhiệt độ từ 6-32 °C.

Nước từ bể lắng đợt 1 đi vào bể Aerotank ở một số điểm dọc theo 50-65 % chiều dài tính từ đầu bể, còn bùn tuần hoàn thì đi vào đầu bể. Nạp theo bậc có tác dụng làm cân bằng tải trọng chất hữu cơ theo thể tích bể và giảm độ thiếu hụt oxy ở đầu bể vì lượng oxy cần thiết được trải đều theo dọc bể làm cho hiệu suất sử dụng oxy tăng lên, hiệu quả xử lý đạt cao hơn.

Ngoài ra, còn có các loại bể Aerotank khác như bể Aerotank tải trọng cao xen kẽ bể lắng bùn; Bể Aerotank thông khí kéo dài; Bể Aerotank thông khí cao có khuấy đảo hoàn chỉnh.

1.3.4.2. Xử lý nước thải bằng bể lọc sinh học



Hình 1.7. Bể lọc sinh học

Bể lọc sinh học trong xử lý nước thải là một thiết bị phản ứng sinh học trong đó các vi sinh vật sinh trưởng cố định trên lớp vật liệu lọc. Bể lọc hiện đại bao gồm một lớp vật liệu dễ thấm nước với vi sinh vật dính kết trên đó. Nước thải đi qua lớp vật liệu này sẽ thấm hoặc nhỏ giọt trên đó.

Vật liệu lọc là các vật liệu tiếp xúc không ngấm nước, có độ rỗng và diện tích bề mặt lớn. Vật liệu lọc thường được chọn có thể là các vật liệu đơn giản như than, đá cục, cuội sỏi lớn, đá ong,... Nếu vật liệu lọc là đá hoặc sỏi thì kích thước hạt dao động trong khoảng 60-100 mm. Bể lọc với vật liệu là đá dăm thường có dạng tròn. Nước thải được phân phối đều và chảy qua lớp vật liệu đệm sinh học, khi tiếp xúc vật liệu tạo thành các hạt nhỏ luôn qua khe hở vật liệu lọc. Ở bề mặt vật liệu lọc và các khe hở giữa chúng, các cặn bẩn cùng với vi sinh vật được giữ lại tạo thành màng sinh học. Bể lọc với vật liệu lọc là chất dẻo có thể có dạng tròn, vuông, hoặc nhiều dạng khác với chiều cao biến đổi từ 4-12 m. Các chất hữu cơ có trong nước thải sẽ bị hấp phụ vào màng vi sinh vật dày 0,1- 0,2 mm và bị phân huỷ bởi vi sinh vật hiếu khí. Khi vi sinh vật sinh trưởng và phát triển, bề dày lớp màng tăng lên, do đó, ôxy đã bị tiêu thụ trước khi khuếch tán hết chiều dày lớp màng sinh vật. Như vậy, môi trường kỵ khí được hình thành ngay sát bề mặt vật liệu lọc. Khi chiều dày lớp màng tăng lên, quá trình đồng hoá chất hữu cơ xảy ra trước khi chúng tiếp xúc với vi sinh vật gần bề mặt vật liệu lọc. Kết quả là vi sinh vật ở đây bị phân huỷ nội bào, không còn khả năng dính bám lên bề mặt vật liệu lọc và bị rửa trôi. Những màng vi sinh đã chết sẽ cùng nước thải ra khỏi bể và được giữ ở bể lắng sau đó.

Ưu điểm: Loại bể có màng lọc sinh học này có hiệu quả cao trong việc loại trừ các hợp chất hữu cơ chứa nitơ qua các quá trình nitrat hóa và khử nitrat, tiết kiệm năng lượng vì không khí đưa vào chủ yếu lấy từ nguồn tự nhiên, hiệu quả xử lý cao, không tốn nhiều nhân lực trông coi, vận hành,...

Nhược điểm: Không khí thải ra có mùi hôi, màng lọc dễ bị tắc nghẽn, rất nhạy cảm với nhiệt độ,...

1.3.4.3. Bể tự hoại xử lý nước thải sinh hoạt

Bể tự hoại xử lý nước thải sinh hoạt là kiểu lên men kỵ khí lâu đời nhất. Bể tự hoại vừa để lắng sơ bộ vừa để lên men cặn. Khi nước chảy qua bể với tốc độ chậm thì cặn lắng xuống đáy và bắt đầu lên men kỵ khí phân hủy các chất hữu cơ. Các bọt khí tạo ra lại nổi lên mặt nước kéo theo ít cặn lơ lửng lên tới mặt nước và khi bọt vỡ ra thì cặn lại bắt đầu lắng xuống một phần. Kết quả tạo thành một màng dày ở mặt nước do nhiều hạt cặn bám theo bọt nước nổi lên. Quá trình lắng và lên men cặn cùng diễn ra ở một bể cho nên hiệu quả lắng và lên men đều thấp. Quá trình lên men như vậy thường không lên men đến cùng mà chỉ dừng lại ở giai đoạn lên men axit. Vi khuẩn và các sản phẩm trao đổi chất đều có thể trôi trong nước. Thời gian lưu bể thường từ 2-4 ngày và thời gian lưu cặn từ 6 tháng đến 1 năm. Những bể tự hoại xử lý nước thải sinh hoạt đầu tiên được ứng dụng triển khai tại Pháp vào cuối thế kỷ XIX. Do chỉ một phần các chất hữu cơ chảy vào là có thể lắng được (một phần ba tới một nửa), nên hiệu suất xử lý tối đa của các hệ thống này chỉ đạt 30-50 % tính theo chất hữu cơ dễ phân hủy sinh học và phụ thuộc nhiều vào tính chất của nước thải và khả năng lắng cặn.

1.3.4.4. Bể lắng hai vỏ và bể lắng trong kết hợp lên men xử lý nước thải sinh hoạt

Vào khoảng đầu thế kỷ XX, một số hệ thống cải tiến mới cũng đã được triển khai như bể lắng hai vỏ của Imhoff ở Đức. Khác với bể tự hoại nước thải chảy qua phần trên của hệ thống khiến bùn cặn lắng xuống tạo ra vùng kỵ khí ở đáy bể, các thành phần chất rắn có trong nước thải sẽ lắng xuống vùng đáy và được phân hủy trong điều kiện kỵ khí. Điều này không xảy ra trong bể lắng hai vỏ do các chất rắn được lắng xuống khoang phân hủy riêng và bọt khí phát sinh dâng lên từ đáy không vào được khoang lắng. Ở 2 ngăn đều tồn tại vi khuẩn kỵ khí lên men axit và tạo mêtan. Khí tạo ra được thoát qua bề mặt tự do giữa máng lắng và tường bể. Do vậy sự phát triển của vi khuẩn trong bể lắng hai vỏ tốt hơn.

Tuy nhiên, trong cùng khoảng thời gian đó, từ các kết quả nghiên cứu được triển khai trong thực tế đã cho thấy rằng hệ thống xử lý kỵ khí

hiện đại được thiết kế hợp lý có thể đạt hiệu suất xử lý cao đối với các chất hữu cơ có thể phân hủy sinh học, thậm chí với thời gian lưu nước rất ngắn.

1.3.4.4. Các hệ thống xử lý kỵ khí tốc độ cao

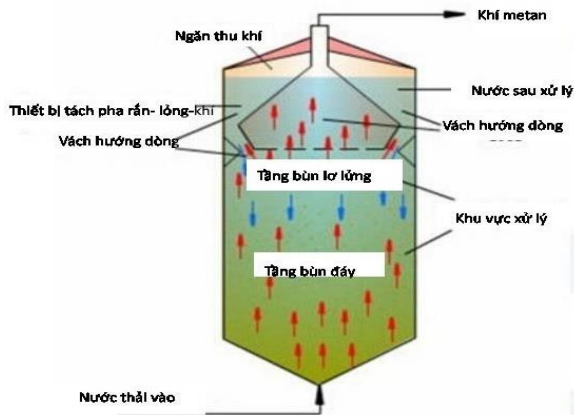
Các hệ thống xử lý kỵ khí hiện đại với hai cơ chế lưu bùn được sử dụng là cố định bùn - sử dụng vật liệu lưu giữ bùn và tách lỏng - rắn - tuần hoàn chất rắn. Cơ chế lưu bùn bằng cố định bùn - sử dụng vật liệu lưu giữ bùn bao gồm bể lọc kỵ khí dòng chảy xuôi hoặc dòng chảy ngược và các bể phản ứng có tầng bùn đáy hoạt động theo cơ chế dòng tuần hoàn hoặc cơ chế tạo lớp bùn lơ lửng.

Các loại hệ thống xử lý kỵ khí khác nhau đã được áp dụng rộng rãi để xử lý nước thải của nhiều loại hình công nghiệp, xử lý nước thải sinh hoạt,... Các hệ thống xử lý kỵ khí tốc độ cao được sử dụng là bể lọc kỵ khí, bể kỵ khí với lớp bùn chuyển động và giãn nở, bể UASB có hoặc không có thiết bị tách pha lỏng - rắn.

* *Bể lọc kỵ khí*: Bể lọc kỵ khí chủ yếu được sử dụng để xử lý nước thải công nghiệp, mặc dù còn ở mức độ tương đối hạn chế. Bể lọc kỵ khí có thể hoạt động tốt với tải lượng hữu cơ 10-20 g COD/L/ngày khi nồng độ và tính chất của các thành phần hữu cơ trong nước thải không có tính độc hại. Nhược điểm lớn của hệ thống lọc kỵ khí là giá thành của các loại vật liệu lọc cao, thậm chí có thể ngang bằng với giá thành xây dựng công trình. Các hệ thống lọc kỵ khí thường được dùng để xử lý nước thải từ các loại ngành công nghiệp khác nhau, nhưng đối với nước thải sinh hoạt, hệ thống này còn ít được áp dụng với quy mô công suất lớn.

* *Bể UASB*: Hình 1.8 là sơ đồ bể xử lý sinh học dòng chảy ngược qua tầng bùn kỵ khí. UASB được thiết kế cho nước thải có nồng độ ô nhiễm chất hữu cơ cao với BOD toàn phần > 600 mg/L và thành phần chất rắn thấp TSS < 3.000 mg/L. Xử lý nước thải bằng bể UASB là quá trình xử lý sinh học kỵ khí, trong đó nước thải sẽ được phân phối từ dưới lên và được không chế vận tốc phù hợp. Cấu tạo của bể UASB thông thường bao gồm: hệ thống phân phối nước đáy bể, tầng xử lý và hệ thống tách pha. Nước thải được phân phối từ dưới lên, qua lớp bùn

ky khí, tại đây sẽ diễn ra quá trình phân hủy chất hữu cơ bởi các vi sinh vật, hiệu quả xử lý của bể được quyết định bởi tầng vi sinh này. Hệ thống tách pha phía trên bể làm nhiệm vụ tách các pha rắn - lỏng - khí, qua đó thì các chất khí sẽ bay lên và được thu hồi, bùn sẽ rơi xuống đáy bể và nước sau xử lý sẽ theo máng lắng chảy qua công trình xử lý tiếp theo. Hiệu suất của bể UASB phụ thuộc vào các yếu tố như: nhiệt độ, pH, các chất độc hại trong nước thải,...



Hình 1.8. Sơ đồ bể lọc kỵ khí dòng chảy ngược UASB

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP CHƯƠNG 1

1. Ý nghĩa của các thông số sinh học trong biểu thị độ nhiễm bẩn của nguồn nước?

2. Nêu quy trình xử lý nước thải hiếu khí? Ưu, nhược điểm của xử lý hiếu khí nước thải?

3. Nêu vai trò của VSV và thực vật trong BLNN?

4. Cánh đồng tưới, cánh đồng lọc có thể dùng để xử lý những loại nước thải có tính chất nào?

5. Tại sao khi xử lý nước thải bằng hồ sinh học, người ta thường xử lý kết hợp dạng chuỗi hồ?

6. Chuỗi hồ sinh học xử lý nước thải nhà máy chế biến thực phẩm được sắp xếp như sau: Hồ hiếu khí → Hồ tùy tiện → Hồ kỵ khí. Sắp xếp như vậy đã đúng chưa? Tại sao?

7. Nước thải của một nhà máy đường có $BOD_5 = 820 \text{ mg/L}$, $COD = 1.350 \text{ mg/L}$. Vậy xử lý nước thải nhà máy này bằng phương pháp nào? Giải thích tại sao?

8. Tại sao nước thải sau quá trình xử lý kỵ khí thường cần xử lý bổ sung?

9. Nêu quy trình xử lý nước thải kỵ khí? Ưu nhược điểm của xử lý kỵ khí nước thải?

10. Nước thải 1 nhà máy rượu có các thông số chất lượng nước như sau:

STT	Thông số	Đơn vị	Giá trị
1	pH	-	4,3
2	TSS	mg/L	110
3	COD	mg/L	5300
4	BOD_5	mg/L	3200

Hãy thiết kế dây chuyền công nghệ xử lý nước thải nhà máy rượu này.

11. Thiết kế dây chuyền công nghệ xử lý nước thải nhà máy chế biến thủy sản với các thông số chất lượng nước thải như sau:

STT	Thông số	Đơn vị	Giá trị
1	pH	-	6,2
2	TSS	mg/L	710
3	COD	mg/L	1900
4	BOD ₅	mg/L	980
5	TN	mg/L	120
6	TP	mg/L	60
7	Dầu mỡ	mg/L	300

12. Đối với các loại nước thải có nồng độ chất ô nhiễm cao, nhiệt độ vận hành đối với một quy mô công suất nào đó có thể được xem như một quá trình có thể điều chỉnh hệ thống xử lý kỵ khí, vì trong giới hạn cho phép, nó có thể được kiểm soát bằng việc sử dụng mêtan sinh ra để làm ấm nước thải. Nhiệt lượng lớn nhất được sinh ra từ sự đốt cháy mêtan (giả sử quá trình đốt cháy là hoàn toàn) thu được từ quá trình phân hủy 335 mg/L COD là 1 kcal/L đủ làm tăng nhiệt độ nước thải lên 1 °C. Nếu nước thải sinh hoạt của khu đô thị có COD là 525 mg/L, nhiệt độ nước thải 12 °C, hỏi có thể điều chỉnh nhiệt độ của nước thải về nhiệt độ tối ưu cho quá trình phân hủy kỵ khí bằng lượng mêtan sinh ra từ quá trình phân hủy kỵ khí nước thải nói trên không?

Chương 2

CHẤT THẢI RẮN VÀ PHƯƠNG PHÁP SINH HỌC XỬ LÝ CHẤT THẢI RẮN

2.1. Khái niệm, phân loại, thành phần chất thải rắn

2.1.1. *Khái niệm chất thải rắn, mục đích quản lý chất thải rắn*

2.1.1.1. *Các khái niệm*

- *Chất thải rắn* là toàn bộ các loại vật chất được con người loại bỏ trong cuộc sống như các hoạt động sản xuất, các hoạt động sinh hoạt, học tập,... Trong đó, đóng vai trò quan trọng nhất về lượng cũng như về thành phần là các loại chất thải sinh ra từ các hoạt động sản xuất và hoạt động sinh hoạt.

- *Chất thải rắn đô thị* còn gọi là rác thải đô thị, được định nghĩa là toàn bộ rác thải thu gom trong khu vực đô thị. Thành phần của chất thải rắn đô thị thường rất phức tạp do trong đô thị có nhiều nguồn rác như rác từ khu dân cư, rác từ khu thương mại, rác từ nhà máy, xí nghiệp,...

2.1.1.2 *Mục đích quản lý chất thải rắn*

Chất thải rắn có từ khi con người có mặt trên trái đất. Con người và động vật đã khai thác và sử dụng các nguồn tài nguyên trên trái đất để phục vụ cho đời sống của mình và thải ra các chất thải rắn. Khi ấy, sự thải bỏ các chất thải từ hoạt động của con người không gây ra vấn đề ô nhiễm môi trường trầm trọng bởi vì mật độ dân cư còn thấp. Bên cạnh đó diện tích đất còn rộng nên khả năng đồng hoá các chất thải rắn rất lớn, do đó đã không làm tổn hại đến môi trường.

Khi xã hội phát triển, con người sống tập hợp thành các nhóm, bộ lạc, làng, cụm dân cư thì sự tích lũy các chất thải rắn trở thành một trong

những vấn đề nghiêm trọng đối với cuộc sống của nhân loại. Thực phẩm thừa và các loại chất thải khác bị thải bỏ bừa bãi khắp nơi trong các thị trấn, trên các đường phố, trục lộ giao thông, các khu đất trống đã tạo môi trường thuận lợi cho sự sinh sản và phát triển của các loài gặm nhấm như chuột,... Các loài gặm nhấm là điểm tựa cho các sinh vật ký sinh như bọ chét sinh sống và phát triển. Chúng là nguyên nhân gây nên bệnh dịch hạch. Do không có kế hoạch quản lý chất thải rắn nên các mầm bệnh do nó gây ra đã lan truyền trầm trọng ở châu Âu vào giữa thế kỷ XIV. Mãi đến thế kỷ XIX, việc kiểm soát dịch bệnh nhằm bảo vệ sức khỏe cộng đồng mới được quan tâm. Mối quan hệ giữa sức khỏe cộng đồng với việc lưu trữ, thu gom và vận chuyển các chất thải không hợp lý đã thể hiện rõ ràng. Có nhiều bằng chứng cho thấy các bãi rác không hợp vệ sinh, các căn nhà ổ chuột, các nơi chứa thực phẩm thừa,... là môi trường thuận lợi cho chuột, ruồi, muỗi và các sinh vật truyền bệnh sinh sản, phát triển. Người ta nhận thấy rằng các chất thải rắn như thực phẩm dư thừa phải được thu gom và tiêu huỷ hợp vệ sinh thì mới có thể kiểm soát các loài gặm nhấm, ruồi, muỗi cũng như các sinh vật truyền bệnh khác. Như vậy, việc quản lý chất thải rắn không hợp lý là một trong những nguyên nhân chính gây ô nhiễm môi trường (đất, nước, không khí). Các bãi rác không hợp vệ sinh đã làm nhiễm bẩn các nguồn nước mặt, nước ngầm bởi nước rỉ rác, gây ô nhiễm không khí bởi mùi hôi. Kết quả nghiên cứu khoa học đã cho thấy gần 22 căn bệnh của con người liên quan đến việc quản lý chất thải rắn không hợp lý.

Để bảo vệ sức khỏe con người và hệ sinh thái cũng như môi trường, cần phải có các biện pháp quản lý CTR phù hợp. Quản lý CTR có thể định nghĩa là việc kiểm soát sự hình thành, thu gom, vận chuyển, lưu trữ, tái sử dụng, tái sinh và đổ bỏ CTR sao cho đảm bảo không ảnh hưởng đến sức khỏe cộng đồng, hiệu quả kinh tế, kỹ thuật, mỹ quan và các vấn đề môi trường khác.

2.1.2. Phân loại chất thải rắn

Phân loại chất thải rắn (CTR) là công việc quan trọng giúp cho việc thiết kế, lựa chọn công nghệ xử lý và đề xuất các chương trình quản lý chất thải rắn thích hợp. Người ta thường phân loại chất thải rắn dựa

vào nguồn gốc phát sinh, thành phần, theo bản chất nguồn tạo thành,... CTR có thể được phân loại theo các cách sau:

- Cách phân loại chất thải rắn thông thường nhất là phân loại theo nguồn gốc phát sinh: Khu dân cư, khu thương mại, cơ quan, công sở, khu xây dựng và phá hủy các công trình xây dựng, khu công cộng, nhà máy xử lý chất thải, công nghiệp, nông nghiệp (Bảng 2.1).

Bảng 2.1. Nguồn phát sinh CTR và thành phần
(Integrated Solid Waste Management, McGRAW-HILL, 1993)

Nguồn phát sinh	Nơi phát sinh	Các dạng chất thải rắn
Khu dân cư	Hộ gia đình, biệt thự, chung cư.	Thực phẩm dư thừa, giấy, can nhựa, thủy tinh, can thiếc, nhôm.
Khu thương mại	Nhà kho, nhà hàng, chợ, khách sạn, nhà trọ, các trạm sửa chữa và dịch vụ.	Giấy, nhựa, thực phẩm thừa, thủy tinh, kim loại, chất thải nguy hại.
Cơ quan, công sở	Trường học, bệnh viện, văn phòng, công sở nhà nước.	Giấy, nhựa, thực phẩm thừa, thủy tinh, kim loại, chất thải nguy hại.
Công trình xây dựng và phá hủy	Khu nhà xây dựng mới, sửa chữa nâng cấp mở rộng đường phố, cao ốc, san nền xây dựng	Gạch, bê tông, thép, gỗ, thạch cao, bụi,...
Khu công cộng	Đường phố, công viên, khu vui chơi giải trí, bãi tắm.	Rác vườn, cành cây cắt tỉa, chất thải chung tại các khu vui chơi, giải trí
Nhà máy xử lý chất thải đô thị	Nhà máy xử lý nước cấp, nước thải và các quá trình xử lý chất thải công nghiệp khác.	Tro, bùn
Nông nghiệp	Đồng cỏ, đồng ruộng, vườn cây ăn quả, nông trại.	Thực phẩm bị thối ra, sản phẩm nông nghiệp thừa, rác, chất độc hại.

- Theo thành phần vật lý và hóa học: phân biệt dựa trên thành phần vô cơ, hữu cơ, kim loại, phi kim, da, giẻ vụn, cao su, chất dẻo, gỗ,...

- Theo bản chất nguồn tạo thành:

+ CTR sinh hoạt: là chất thải liên quan đến hoạt động của con người, nguồn tạo thành chủ yếu từ các khu dân cư, các cơ quan, trường học, trung tâm thương mại,...

+ CTR công nghiệp: các phế thải từ nguyên liệu trong quá trình sản xuất, bao bì, hóa chất,...

+ CTR nông nghiệp: chất thải từ các hoạt động nông nghiệp như trồng trọt, thu hoạch các loại cây trồng,...

+ CTR xây dựng: là các phế thải từ quá trình xây dựng như cát, đá, bê tông, gạch,...

- Theo mức độ nguy hại:

+ CTR nguy hại bao gồm các loại hóa chất dễ gây phản ứng, độc hại, chất thải sinh học khó phân hủy, các chất dễ cháy, nổ hoặc các chất thải phóng xạ, các chất thải nhiễm khuẩn, lây lan, ... có nguy cơ đe dọa tới sức khỏe người, động vật và cây cỏ. Nguồn phát sinh ra chất thải nguy hại chủ yếu từ các hoạt động y tế, công nghiệp và nông nghiệp.

+ Chất thải không nguy hại: là những loại chất thải không chứa các chất và các hợp chất có một trong các đặc tính nguy hại trực tiếp hoặc tương tác thành phần. Trong CTR đô thị thì chất thải không độc hại chiếm tỷ lệ lớn nhất. CTR tập trung về các trạm trung chuyển chủ yếu là CTR sinh hoạt.

Chất thải nguy hại thường phát sinh tại các khu công nghiệp hay các cơ sở y tế do đó những thông tin về nguồn gốc phát sinh và đặc tính các chất thải nguy hại của các loại hình công nghiệp, bệnh viện khác nhau là rất cần thiết. Các hiện tượng như chảy tràn, rò rỉ các loại hoá chất cần phải đặc biệt chú ý, bởi vì chi phí thu gom và xử lý các chất thải nguy hại bị chảy tràn rất tốn kém. Ví dụ, chất thải nguy hại bị hấp phụ bởi các vật liệu dễ ngấm nước như rơm rạ và dung dịch hoá chất bị thấm vào trong đất thì phải đào bới đất để xử lý. Lúc này, các chất thải nguy

hại bao gồm các thành phần chất lỏng chảy tràn, chất hấp phụ (rom, rạ), và cả đất bị ô nhiễm.

2.1.3. Thành phần chất thải rắn

Thành phần của chất thải rắn biểu hiện sự đóng góp và phân phối của các phần riêng biệt mà từ đó tạo nên dòng chất thải, thông thường được tính bằng phần trăm khối lượng. Thông tin về thành phần chất thải rắn đóng vai trò rất quan trọng trong việc đánh giá và lựa chọn những thiết bị thích hợp để xử lý, các quá trình xử lý cũng như việc hoạch định các hệ thống, chương trình và kế hoạch quản lý chất thải rắn.

Thông thường trong rác thải đô thị, rác thải từ các khu dân cư và thương mại chiếm tỉ lệ cao nhất từ 50-75 %. Phần trăm đóng góp của mỗi thành phần chất thải rắn, giá trị phân bố sẽ thay đổi tùy thuộc vào sự mở rộng các hoạt động xây dựng, sửa chữa, sự mở rộng của các dịch vụ đô thị cũng như công nghệ sử dụng trong xử lý nước. Thành phần riêng biệt của chất thải rắn thay đổi theo vị trí địa lý, thời gian, mùa trong năm, điều kiện kinh tế và tùy thuộc vào thu nhập của từng quốc gia,... Bảng 2.2. trình bày tỉ lệ phần trăm (%) của các thành phần trong CTR sinh hoạt thu được ở các đô thị lớn ở Việt Nam.

Bảng 2.2. Tỉ lệ % của các thành phần trong CTR sinh hoạt thu được ở Thành phố Hà Nội và Thành phố Hồ Chí Minh

Thành phần	CTRSH của Hà Nội (%)	CTRSH của TP. Hồ Chí Minh (%)
Thức ăn, cỏ, lá cây	50,27	62,24
Giấy vụn	2,72	0,59
Giẻ rách, gỗ vụn		4,25
Cao su, nhựa	6,27	0,46
Vỏ ốc, xương	0,71	0,50
Thủy tinh	1,06	0,02
Gạch đá, đất sỏi, sành sứ	0,31	16,04
Kim loại	7,43	0,27
Rác vụn dưới 10 mm	30,21	15,27

Thành phần của CTR liên quan đến nguồn gốc phát sinh của chúng nên nếu biết nguồn gốc CTR sẽ biết được thành phần của chúng. Thành phần của các chất thải rất khác nhau, ví dụ CTR công nghiệp phụ thuộc vào nguyên liệu đầu vào, quy trình công nghệ sản xuất trong khi thành phần của CTR sinh hoạt phụ thuộc vào cách sống của cộng đồng dân cư, thời gian trong tuần và trong ngày. Nhiều loại chất thải có thể quay vòng sử dụng như cặn sữa, rỉ đường,... cũng có loại thu gom tái sử dụng được một phần như thủy tinh, giấy thải, kim loại,... từ đó làm thay đổi thành phần của rác thải. Phần lớn các CTR công nghiệp và nông nghiệp có thành phần đồng nhất hơn chất thải sinh hoạt. Khác với rác thải của các nước phát triển, rác thải sinh hoạt ở các thành phố lớn nước ta có các thành phần hữu cơ chiếm tỷ lệ lớn. Thành phần này rất có ý nghĩa và phù hợp với quá trình xử lý bằng công nghệ sinh học.

2.2. Các phương pháp sinh học xử lý CTR giàu chất hữu cơ

Các nguồn rác thải đưa vào xử lý sinh học là các rác thải giàu chất hữu cơ, ít thành phần độc hại. Đó chính là các rác thải sinh hoạt ở các đô thị, rác thải nông nghiệp và rác thải từ một số loại hình công nghiệp đặc thù như công nghiệp chế biến thủy sản, công nghiệp chế biến thức ăn đóng hộp,...

Các quá trình xử lý sinh học rác hữu cơ do con người thực hiện chính là sự bắt chước những gì diễn ra trong tự nhiên. Nói cách khác, xử lý sinh học rác thải hữu cơ dựa vào hoạt động phân hủy của vi sinh vật nhằm phân hủy chất hữu cơ của rác. Tuy nhiên, để cho quá trình phân hủy ấy đạt hiệu quả cao và triệt để, cần phải tạo các điều kiện tối ưu cho các vi sinh vật tham gia phân hủy, do đó cần phải giải quyết một số vấn đề kỹ thuật.

Có 2 phương pháp sinh học chính để xử lý các CTR giàu chất hữu cơ là phương pháp xử lý kỵ khí và phương pháp xử lý hiếu khí. Điều cơ bản khác nhau của hai phương pháp này đó là phương pháp xử lý kỵ khí không có sự tham gia hoặc có rất ít ôxy còn phương pháp xử lý hiếu khí thì ôxy không thể thiếu trong quá trình xử lý. Trước khi đưa rác thải giàu chất hữu cơ vào xử lý bằng sinh học, cần phải phân loại rác, để lại các

thành phần hữu cơ dễ phân hủy sinh học cho xử lý, các thành phần khác không hoặc khó phân hủy sinh học như thủy tinh, gạch đá, đất sỏi, sành sứ, xương, kim loại,... cần phải loại bỏ riêng nhằm ngăn ngừa khả năng tích tụ nhanh các chất này dưới đáy các bể phản ứng.

2.2.1. Các phương pháp xử lý chất thải rắn trong điều kiện yếm khí

2.2.1.1. Cơ chế của quá trình phân giải yếm khí chất thải rắn

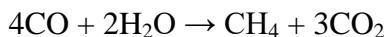
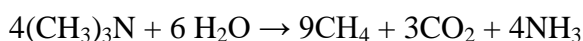
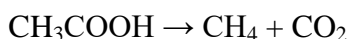
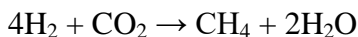
Công nghệ phân hủy yếm khí CTR hay còn gọi là quá trình lên men hay quá trình mêtan hoá được nghiên cứu từ thế kỉ XIX nhưng chỉ thực sự phát triển mạnh mẽ và đi vào ứng dụng thực tế khi cuộc khủng hoảng năng lượng diễn ra vào những năm 1970. Phân hủy yếm khí CTR phân huỷ chất hữu cơ trong môi trường không có ôxy ở điều kiện nhiệt độ từ 30 °C đến 65 °C. Sản phẩm của quá trình là khí sinh học, với khoảng 55-70 % là khí CH₄ và 30-45 % khí CO₂. Khí sinh học thường được thu gom và sử dụng làm nguồn nhiên liệu, còn bùn thải được sử dụng làm nguồn phân bón bổ sung dinh dưỡng cho cây trồng. Công nghệ phân hủy yếm khí CTR được ứng dụng nhiều trong xử lý chất thải nông nghiệp và chất thải rắn đô thị để thu khí mêtan.

Quy trình công nghệ yếm khí: Các hệ thống để tiến hành quá trình phân hủy yếm khí là các bể phản ứng kín để kiểm soát quá trình kỵ khí và thu gom toàn bộ lượng khí sinh học sinh ra. Sản lượng khí sinh học phụ thuộc vào thành phần chất thải và điều kiện trong bể phản ứng.

Quá trình chuyển hóa các chất hữu cơ của CTR dưới điều kiện yếm khí xảy ra theo 3 giai đoạn: Giai đoạn đầu tiên thủy phân các hợp chất có phân tử lượng lớn thành những hợp chất thích hợp dùng làm nguồn năng lượng và mô tế bào. Giai đoạn tiếp theo chuyển hóa các hợp chất sinh ra từ quá trình thủy phân thành các hợp chất có phân tử lượng thấp hơn. Giai đoạn cuối cùng chuyển hóa các hợp chất trung gian thành các sản phẩm cuối đơn giản hơn, chủ yếu là khí mêtan (CH₄) và khí carbonic (CO₂).

Trong quá trình phân hủy yếm khí, nhiều loại vi sinh vật kỵ khí cùng tham gia quá trình chuyển hóa phân chất hữu cơ của CTR thành sản phẩm cuối bền vững. Một nhóm vi sinh vật có nhiệm vụ thủy phân

các hợp chất hữu cơ cao phân tử và lipid thành các thành phần xây dựng cấu trúc như axit béo, đường, amino axit và các hợp chất liên quan. Nhóm vi sinh vật kỵ khí thứ hai gồm các vi sinh vật kỵ khí tùy tiện và vi sinh vật kỵ khí bắt buộc có nhiệm vụ lên men các sản phẩm đã cắt mạch của nhóm 1 thành các axit hữu cơ đơn giản mà chủ yếu là axit acetic. Nhóm vi sinh vật thứ 3 chuyển hoá hydro và axit acetic thành khí mêtan và carbonic. Vi sinh vật mêtan hóa chỉ có thể sử dụng một số cơ chất nhất định để chuyển hóa thành mêtan như carbonic, hydro, formate, acetate, methanol, methylamine,... Các phương trình chuyển hóa xảy ra như sau:



Một cách tổng quát, quá trình lên men mêtan CTR hữu cơ có thể mô tả bằng phương trình sau:



2.2.1.2. Các yếu tố ảnh hưởng (pH, tỉ lệ C/N, nhiệt độ)

Các hệ thống phân hủy yếm khí CTR là các bể phản ứng kín do đó quá trình kỵ khí dễ dàng được kiểm soát, khí sinh học sinh ra được thu gom. Các yếu tố vật lý hoá học ảnh hưởng đến quá trình phân hủy yếm khí bao gồm:

- **pH:** Sản lượng khí sinh học sinh ra từ quá trình phân hủy kỵ khí đạt tối đa khi giá trị pH của vật liệu của hệ thống nằm trong khoảng 6-7. Giá trị pH ảnh hưởng đến thời gian phân hủy của vật liệu CTR. pH của môi trường phải được khống chế sao cho không nhỏ hơn 6,2 bởi vì khi đó vi khuẩn sinh mêtan bị ức chế hoạt động. Tại thời điểm ban đầu của quá trình lên men, số lượng lớn các axit hữu cơ được tạo thành và có thể

làm cho giá trị pH của hỗn hợp giảm xuống dưới 5, điều này sẽ làm hạn chế quá trình phân hủy. Quá trình phân hủy sẽ tiếp tục và lượng NH_3 tạo thành sẽ gia tăng do sự phân hủy của nitơ, giá trị pH có thể tăng lên trên 8. Khi sản lượng khí mêtan tạo thành ổn định, giá trị pH trong khoảng 7,2-8,2.

- **Tỷ lệ C/N:** Tỷ lệ C/N tối ưu trong quá trình phân hủy kỵ khí khoảng (20-30)/1. Ở mức độ tỷ lệ thấp hơn, nitơ sẽ thừa và sinh ra khí NH_3 , gây ra mùi khai. Ở mức độ tỷ lệ cao hơn sự phân hủy xảy ra chậm.

- **Nhiệt độ:** Vi sinh vật mêtan hóa sẽ không hoạt động được khi nhiệt độ quá cao hay quá thấp. Khi nhiệt độ giảm xuống dưới 10°C , sản lượng khí sinh học tạo thành hầu như không đáng kể. Hai khoảng nhiệt độ tối ưu cho quá trình phân hủy kỵ khí: Giai đoạn nhiệt độ trung bình: nhiệt độ dao động trong khoảng $20-40^\circ\text{C}$, tối ưu $30-35^\circ\text{C}$. Giai đoạn hiếu nhiệt: nhiệt độ tối ưu trong khoảng $50-65^\circ\text{C}$.

2.2.1.3. Các phương pháp xử lý yếm khí

Các phương pháp phân hủy kỵ khí rác thải giàu chất hữu cơ có thể phân loại dựa theo môi trường phản ứng (khô hay ướt); theo phân đoạn phản ứng (một giai đoạn hay đa giai đoạn); theo chế độ cấp nguyên liệu (liên tục hoặc mẻ), theo nguyên liệu đầu vào,...

- *Theo môi trường phản ứng:* Quá trình phân hủy kỵ khí được chia thành phân hủy kỵ khí khô và phân hủy kỵ khí ướt. Phân hủy kỵ khí khô là quá trình phân hủy kỵ khí mà vật liệu đầu vào có độ ẩm 60-65 %, phân hủy kỵ khí ướt là quá trình phân hủy kỵ khí mà vật liệu đầu vào có độ ẩm 85-90 %.

- *Theo phân đoạn phản ứng:*

+ Một giai đoạn: toàn bộ quá trình phân hủy xảy ra trong một thùng phản ứng, được dùng nhiều nhất trên quy mô công nghiệp.

+ Hai giai đoạn: toàn bộ quá trình xảy ra ở 2 thùng phản ứng mắc nối tiếp. Thùng thứ nhất gồm quá trình thủy phân và axit hoá, thùng thứ hai gồm quá trình acetate hoá và mêtan hoá. Giai đoạn axit hóa và mêtan hóa được tách riêng với mục đích làm gia tăng hiệu quả, tính ổn định và khả năng kiểm soát. Các hệ thống hai giai đoạn bắt đầu đóng vai trò

quan trọng trong xử lý rác công nghiệp cùng với rác hữu cơ và cần độ vệ sinh an toàn cao, được áp dụng nhiều tại các quốc gia đang phát triển vì phí đầu tư thấp.

- Theo chế độ cấp nguyên liệu:

+ Hệ thống có chế độ cấp nguyên liệu theo mẻ: Trong các hệ thống mẻ, các bể phản ứng được nạp chất thải một lần, sau đó sẽ được vận hành qua các bước phân hủy theo chế độ khô với 30-40 % tổng chất rắn. Về mặt nguyên lý, hệ thống mẻ có thể coi như một hồ chôn lấp được thực hiện trong thùng nhưng tỷ lượng khí sinh học sinh ra cao hơn nhiều lần so với bãi rác do nhiệt độ của thùng được lưu giữ, nước rỉ rác được tuần hoàn liên tục cho phép phân tán đều chất dinh dưỡng, vi sinh vật cũng như các axit sinh ra. Trên thực tế có 2 dạng sau đang được áp dụng:

* Hệ thống khô - mẻ: hệ thống được cung cấp với thành phần tổng chất rắn trong khoảng 20-40 %. Trong quá trình phân hủy, nước rỉ thu gom từ bể phản ứng được tuần hoàn trở lại để duy trì thành phần độ ẩm nhất định, phân phối lại các thành phần hòa tan và vi khuẩn. Nhược điểm của hệ thống này là cần có quá trình tiền xử lý nguyên liệu cho phù hợp.

* Hệ thống ủ kỵ khí mẻ tuần hoàn: công nghệ này tương tự như công nghệ khô - mẻ. Tuy nhiên, nước rỉ từ bể phản ứng được trao đổi giữa mẻ đã có và mẻ mới nhằm thúc đẩy quá trình khởi động, tăng cường vi sinh đã thích nghi và loại bỏ các axit béo bay hơi trong bể phản ứng.

+ *Hệ thống có chế độ cấp nguyên liệu liên tục:* Trong các hệ thống có chế độ cấp nguyên liệu liên tục, các bể phản ứng được nạp chất thải liên tục, sau đó sẽ được vận hành qua các bước phân hủy theo chế độ khô với 30-40 % tổng chất rắn.

2.2.2. Các phương pháp xử lý chất thải rắn trong điều kiện hiếu khí

2.2.2.1. Đặc trưng, cơ chế và tác nhân phân giải

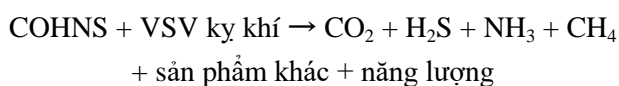
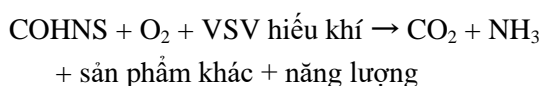
Quá trình phân hủy sinh học hiếu khí và ổn định các chất hữu cơ trong CTR đã loại bỏ kim loại, nhựa, cao su, da thuộc, đá, thủy tinh,...

và các chất khó hoặc không phân hủy sinh học khác nhờ hoạt động của vi sinh vật tạo ra các sản phẩm gồm CO₂, nước, nhiệt, chất mùn ổn định không mang mầm bệnh và được sử dụng làm phân bón cho cây trồng. Quá trình ủ hiếu khí có thể áp dụng đối với: Rác vườn, phân rác của chuồng trại chăn nuôi, rác thải đô thị, rác của các ngành công nghiệp chế biến thủy sản,...

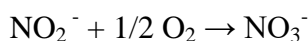
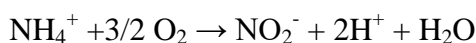
Quá trình phân hủy CTR theo con đường hiếu khí diễn ra rất phức tạp, theo nhiều giai đoạn và tạo nhiều sản phẩm trung gian. Dựa trên sự biến thiên nhiệt độ có thể chia quá trình ủ hiếu khí thành 4 pha như sau:

Giai đoạn thích nghi: nhiệt độ trung bình kéo dài trong một vài ngày, là giai đoạn cần thiết để vi sinh vật thích nghi với môi trường mới. Quá trình phân hủy CTR ở giai đoạn này do các vi sinh vật chịu nhiệt trung bình chiếm ưu thế, chúng sẽ phân hủy nhanh chóng các hợp chất dễ phân hủy sinh học.

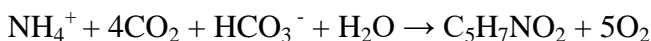
Giai đoạn tăng trưởng: đặc trưng bởi sự tăng nhanh và đạt giá trị cao nhất của nhiệt độ do quá trình phân hủy sinh học, có thể kéo dài từ một vài ngày đến một vài tháng. Đây là giai đoạn ổn định chất thải và tiêu diệt vi sinh vật gây bệnh hiệu quả nhất. Nhiệt độ trong quá trình này sẽ gia tăng nhanh chóng do nhiệt mà các vi sinh vật tạo ra. Khi nhiệt độ gia tăng trên 40 °C, các vi sinh vật chịu nhiệt trung bình sẽ bị thay thế bởi các vi sinh vật hiếu nhiệt. Khi nhiệt độ gia tăng đến 55 °C và trên nữa, các vi sinh vật gây bệnh sẽ bị tiêu diệt. Khi nhiệt độ gia tăng đến 65 °C sẽ có rất nhiều loài vi sinh vật bị chết và nhiệt độ này cũng là giới hạn trên của quá trình phân hủy hiếu khí. Riêng trong giai đoạn hiếu nhiệt, nhiệt độ cao làm tăng quá trình phân hủy protein, chất béo và các hydrocarbon phức hợp như cellulose và hemicellulose. Phản ứng hoá sinh xảy ra trong phân hủy hiếu khí CTR gồm các quá trình hiếu khí chiếm ưu thế và một phần của quá trình phân hủy kỵ khí được đặc trưng bởi 2 phương trình:



Giai đoạn làm mát và ổn định: có thể kéo dài vài tháng, là giai đoạn mà nhiệt độ của quá trình ủ sẽ giảm từ từ đến bằng nhiệt độ môi trường và các vi sinh vật chịu nhiệt trung bình lại dần chiếm ưu thế. Trong giai đoạn này, quá trình lên men xảy ra chậm, thích hợp cho sự hình thành chất keo mùn (quá trình chuyển hoá các phức chất hữu cơ thành chất mùn), các chất khoáng (sắt, canxi, nitơ,...) và cuối cùng thành mùn. Ngoài ra, còn xảy ra các phản ứng nitrat hoá, amon hóa (sản phẩm phụ của quá trình ổn định chất thải), các chất hữu cơ bị ôxy hoá sinh học tạo thành nitrit (NO_2^-) và cuối cùng thành nitrat (NO_3^-):



Mặt khác, trong mô tế bào, NH_4^+ cũng được chuyển hóa với phản ứng đặc trưng cho quá trình tổng hợp:



Phương trình phản ứng nitrat hoá tổng cộng xảy ra như sau:



2.2.2.2. Các yếu tố ảnh hưởng (độ ẩm, độ thoáng khí, nhiệt độ, tỷ lệ C/N, ...)

Quần thể vi sinh vật có thể tăng lên rất nhanh chóng trong một thời gian ngắn, nếu chúng được cung cấp các điều kiện thích hợp. Khi nắm được các điều kiện này, người ta có thể điều chỉnh để cho chúng sinh trưởng mạnh nhất và tiết các enzym thủy phân, làm tăng tốc độ phân giải của đồng ủ. Độ ẩm và nhiệt độ là 2 yếu tố quan trọng nhất quyết định sự thành công của đồng ủ.

* *Độ ẩm:* Vi sinh vật rất cần nước, vì nước không chỉ hòa tan các chất dinh dưỡng và enzym, mà còn tham gia vào các phản ứng chuyển hóa vật chất, đồng thời tham gia vào quá trình thủy phân cơ chất. Độ ẩm cũng ảnh hưởng tới nhiệt độ và thời gian kết thúc đồng ủ.

Độ ẩm thích hợp cho đồng ủ là 40-60 %, tốt nhất là 50 %. Nếu độ ẩm vượt quá 65 %, nguyên liệu sẽ bị ướt. Các khe hở bị lấp đầy nước, ngăn cản không khí tiếp xúc với nguyên liệu, các VSV hiếu khí không

sinh trưởng được. Nếu độ ẩm quá thấp $< 40 \%$, sẽ không đủ nước cho các VSV hoạt động. Thời gian ủ sẽ kéo dài. Nếu độ ẩm $< 20 \%$ thì chỉ một số ít VSV chịu khô hạn mới có thể hoạt động được. Trong thực tế, người ta thường bốc một nắm nguyên liệu, bóp chặt, nếu nước hơi rịn ra kẽ tay, thì đó là độ ẩm đạt 50% .

* *Nhiệt độ*: Vi sinh vật trong đồng ủ có nhu cầu nhiệt độ khác nhau. Đa số là loại ưa ấm, nhiệt độ sinh trưởng là $25-40 \text{ }^\circ\text{C}$. Một số là vi sinh vật ưa nhiệt, có nhiệt độ sinh trưởng thích hợp là $40-70 \text{ }^\circ\text{C}$. Chỉ một số rất ít có khả năng chịu lạnh, sinh trưởng là $15-20 \text{ }^\circ\text{C}$. Nhiệt độ từ $35-55 \text{ }^\circ\text{C}$ là dải nhiệt độ thích hợp cho đồng ủ, bởi vì nhiều loại vi sinh vật cùng tham gia vào quá trình phân hủy. Nếu nhiệt độ $< 20 \text{ }^\circ\text{C}$, các vi sinh vật không thể hoạt động mạnh và quá trình phân giải diễn ra sẽ rất chậm. Nếu nhiệt độ $> 65 \text{ }^\circ\text{C}$, đa số các vi sinh vật ưa ấm bị chết, chỉ các vi sinh vật ưa nhiệt mới tồn tại và phát triển. Khi nhiệt độ lên đến $70 \text{ }^\circ\text{C}$ thì cần phải thổi khí mạnh để giảm nhiệt. Nếu nhiệt độ lên cao thì ngay vi sinh vật ưa nhiệt cũng bị chết.

Lúc bắt đầu ủ thì vi sinh vật ưa ấm phát triển mạnh trong một thời gian ngắn, sinh enzym thủy phân khiến phần lớn protein và carbohydrat bị phân hủy, cung cấp thức ăn cho vi sinh vật khác. Khi nhiệt độ lên đến $40 \text{ }^\circ\text{C}$, các vi sinh vật ưa ấm được thay thế bởi vi sinh vật ưa nhiệt, bao gồm vi khuẩn, nấm sợi và xạ khuẩn. Vi khuẩn ưa nhiệt phân giải mạnh protein, lipid và hemicellulose. Xạ khuẩn phân hủy mạnh tinh bột, nấm ưa nhiệt phân hủy mạnh lignin, cellulose và hemicellulose. Nhiều xạ khuẩn ưa nhiệt cũng phân giải tinh bột mạnh. Các vi sinh vật ưa nhiệt hoạt động tỏa nhiệt làm giảm nhiều nước trong đồng ủ. Sau giai đoạn phát triển mạnh vi sinh vật ưa nhiệt chết dần, nhiệt độ hạ xuống $40 \text{ }^\circ\text{C}$ là lúc các vi sinh vật ưa ấm xuất hiện trở lại tiếp tục phân giải chất hữu cơ để hoàn tất quá trình ủ. Thường người ta sàng khô, loại bỏ các phần không phân hủy được để mang đi chôn lấp hoặc ủ tiếp. Phần dưới sàng được đưa đi ủ chín cho đến khi nhiệt độ tương đương nhiệt độ không khí ngoài trời.

* *pH*: Cũng giống như nhiệt độ, pH của đồng ủ thay đổi theo thời gian ủ. Nhìn chung pH dao động trong khoảng 5,5-9.

Tùy từng loại, nguyên liệu thường có pH = 5-7. Ngay đầu pH thường là 6, sau 2-4 ngày pH giảm xuống 5 do hình thành các axit hữu cơ, sau đó các vi sinh vật dùng axit hữu cơ làm thức ăn làm cho đông ủ trở thành trung tính hoặc hơi kiềm pH = 7,5-8,5. Trong trường hợp đặc biệt, nếu nguyên liệu ủ có pH quá thấp (pH = 2-4) thì có thể điều chỉnh bằng cách bổ sung thêm vôi. Trong quá trình vận hành, các quần thể vi sinh vật trong đông ủ có thể tự điều chỉnh. Ở pH thấp 4,5-5,5, các vi sinh vật ưa axit sẽ tăng trưởng nhanh và các axit hữu cơ sinh ra sẽ bị thủy phân nhanh chóng. Khi pH môi trường tăng lên (pH = 6-8) thì các VSV ưa pH trung tính như nấm men sẽ phát triển. Nếu đông ủ thiếu không khí, các VSV kỵ khí sẽ phát triển, sinh nhiều axit hữu cơ làm giảm pH đông ủ. Việc bổ sung canxi carbonat, vôi và các chất kiềm khác có vai trò chất đệm, không cho pH xuống quá thấp, nhưng nếu bổ sung quá nhiều pH đến 9, sẽ làm mất nitơ dưới dạng khí NH₃. Lúc đó vi sinh vật thiếu nitơ, quá trình phân giải sẽ chậm lại.

* *Độ thoáng khí*: Không khí cung cấp oxy cho các VSV hiếu khí tiến hành hô hấp hiếu khí, sinh năng lượng. Nếu đủ không khí, quá trình phân giải chất hữu cơ xảy ra nhanh chóng và không sinh ra mùi khó chịu. Nếu thiếu không khí, quá trình kỵ khí xảy ra vừa sinh ra mùi hôi vừa sinh ra nhiều nước rác.

Không khí được cung cấp nhờ quá trình khuếch tán của oxy không khí và quá trình thổi khí cưỡng bức là các nguồn cấp khí chủ yếu của phương pháp ủ hiếu khí. Khi nhiệt độ quá cao thì phải thổi mạnh không khí không phải nhằm cung cấp khí cho VSV mà nhằm giảm nhiệt của lò ủ.

* *Tỷ lệ C/N*: Tất cả các VSV đều cần các nguyên tố thiết yếu cho sinh trưởng và tạo các phân tử cần thiết để xây dựng tế bào như lipid, carbohydrat, protein, axit nucleic,... Các nguyên tố này là chất dinh dưỡng, bao gồm phospho, lưu huỳnh, kali, magiê, canxi, sắt,... Nhìn chung, các nguyên tố trên đều có sẵn trong rác mà không cần phải cho thêm vào. Tuy nhiên, có hai thành phần có số lượng lớn quyết định quá trình ủ diễn ra nhanh hay chậm là carbon và nitơ. Nếu tỷ lệ C/N > 50 sẽ ức chế sinh trưởng của VSV, nên quá trình phân hủy diễn ra chậm, chất lượng sản phẩm kém. Khi tỷ lệ C/N < 30, quá trình phân hủy diễn ra

nhanh cũng kéo theo lượng oxy tiêu thụ nhanh. Nếu không được cấp khí bù vào thì đồng ủ sẽ trở nên yếm khí, mùi hôi và nước rác xuất hiện, nitơ sẽ bị mất dưới dạng khí N_2O , NH_3 , N_2 . Sản phẩm phân bón cho cây vừa thiếu nitơ vừa gây độc cho cây.

Nguyên liệu rác và phế thải nông nghiệp thường có tỉ lệ nitơ thấp, nên muốn đạt tỉ lệ C/N thích hợp, thường phải bổ sung phân gia súc. Có trường hợp bổ sung cả phân hàm cầu, nhưng sản phẩm không dùng để bón cho cây ăn trực tiếp như xà lách, dâu tây,... mà chỉ sử dụng bón cho cây lâm nghiệp hoặc cây lâu năm. Phân hàm cầu muốn sử dụng phải được xử lý riêng bằng vi sinh vật để khử mùi và diệt vi sinh vật gây bệnh, trứng giun sán. Tuy nhiên, khi bổ sung vào đồng ủ, nếu còn sót, chúng lại bị tiêu diệt tiếp bởi nhiệt độ đồng ủ.

** Các vi sinh vật trong đồng ủ và việc bổ sung các vi sinh vật hữu hiệu vào đồng ủ:* VSV tự nhiên trong CTR có hàng ngàn loại thuộc nhiều loài khác nhau, chúng đều có khả năng tiết các enzym để phân hủy rác thải. Ủ rác thải hữu cơ bao gồm các hoạt động nối tiếp mang tính liên kết của nhiều nhóm, nhiều loài VSV mà không một nhóm VSV đơn lẻ nào có thể đảm nhiệm được. Sản phẩm phân hủy của nhóm VSV này sẽ là cơ chất hoặc tạo điều kiện tốt cho sự hoạt động của VSV khác. Vi khuẩn luôn chiếm ưu thế ở lớp bề mặt và tầng đáy của đồng ủ, và luôn hoạt động vào giai đoạn đầu. Chúng dễ dàng phân hủy các chất dễ phân hủy như protein, carbohydrat, đường. Xạ khuẩn và nấm đóng vai trò quan trọng ở các giai đoạn kế tiếp. Khi nước bay hơi, đồng ủ trở nên khô hơn, xạ khuẩn và nấm ưa nhiệt sẽ chiếm ưu thế. Nấm có nhu cầu nitơ thấp hơn, nên có khả năng phân giải cellulose và các chất khó phân giải khác. Ở cuối giai đoạn ủ, khi nhiệt độ thấp hơn, vi khuẩn lại chiếm ưu thế. Các VSV tự nhiên này bao gồm cả các VSV có lợi và có hại. Khi các VSV có hại phát triển có thể sinh ra các chất độc, nên sản phẩm tạo ra ảnh hưởng đến sức khỏe con người, cây trồng và môi trường. Hơn nữa, quá trình phân giải có thể diễn ra chậm. Do đó, cần thiết bổ sung các VSV đã được tuyển chọn kỹ, có hoạt tính enzym mạnh, có khả năng sinh trưởng nhanh, lấn át các VSV có hại trong đồng ủ, quá trình ủ sẽ diễn ra nhanh hơn, sản phẩm tạo ra là an toàn hơn.

Các nghiên cứu tuyển chọn VSV hữu hiệu để bổ sung vào đồng ủ rác thải hữu cơ đã được thực hiện từ nhiều thập kỷ và được đưa vào thực tế sử dụng từ nhiều năm. Nhờ sử dụng các chế phẩm VSV mà quá trình phân hủy rác thải diễn ra nhanh hơn, rút ngắn được thời gian ủ, chất lượng phân ủ tốt hơn, cụ thể là giảm hàm lượng carbon hữu cơ và tăng hàm lượng nitơ. Do đó, phân ủ cho năng suất cây trồng cao hơn hẳn. Trong chế phẩm không chỉ chứa các VSV có khả năng khoáng hóa các hợp chất hữu cơ tạo các chất vô cơ làm thức ăn cho cây trồng mà còn chứa các VSV sinh chất kích thích sinh trưởng và kháng sinh chống VSV gây bệnh ở thực vật, các vi khuẩn có khả năng chuyển hóa phospho khó tan thành dạng dễ tan mà cây trồng có thể sử dụng. Các VSV thường được sử dụng bổ sung vào các đồng ủ bao gồm: các nấm sợi *Aspergillus*, *Alternaria*, *Trichoderma*, *Chaetomium*,...; các vi khuẩn *Bacillus subtilis*, *Cellulomonas*, *Aeromicrobium*, *Brevibacterium*,...; các loại xạ khuẩn ưa ẩm và ưa nhiệt như *Streptomyces*, *Micromonospora*, *Nocardia*, *Thermospora*,... Khi phân được sử dụng để bón cho cây, các VSV này vẫn còn tồn tại một thời gian dài trong đất để tiếp tục hoạt động trong đất.

* *Vi sinh vật gây bệnh*: Mặc dù rác là ổ chứa các vi sinh vật gây bệnh nhưng đa số các vi sinh vật gây bệnh cho người không chịu được nhiệt độ cao, **do chúng chỉ thích nghi được với điều kiện thân nhiệt của người là 37 °C**. Khi nhiệt độ đồng ủ kéo dài trong nhiều ngày ở 60-70 °C là điều kiện thích hợp để tiêu diệt hầu hết vi sinh vật gây bệnh cùng trứng giun sán. *Salmonella typhi* gây bệnh thương hàn chết ở nhiệt độ 55 °C trong 30 phút hoặc 60 °C trong 20 phút. *Shigella* gây bệnh lỵ chết ở nhiệt độ 50-55 °C trong 1 giờ. *Corynebacterium diphtheriae* gây bệnh bạch hầu chết ở nhiệt độ 55 °C trong 45 phút. *Mycobacterium Tuberculosis* gây bệnh lao chết ở nhiệt độ 66 °C trong 15-20 phút.

2.3. Giới thiệu về tình hình quản lý chất thải rắn trên thế giới và Việt Nam

Quản lý CTR là công việc có tính liên tục, có tổ chức nhằm khôi phục, duy trì và cải thiện tốt hơn môi trường sống của con người. Để đảm bảo được điều này, cần ứng dụng các tiến bộ khoa học và kỹ thuật

vào các công việc thu gom, vận chuyển, xử lý hết các chất thải với hiệu quả cao bằng chi phí thấp nhất có thể. Ngoài ra, quá trình quản lý CTR phải đảm bảo sức khỏe của người lao động trực tiếp tham gia xử lý chất thải. Muốn quá trình quản lý CTR được tốt và hiệu quả, việc đào tạo được đội ngũ cán bộ có đầy đủ kiến thức và kinh nghiệm trong vấn đề quản lý CTR là vô cùng cần thiết.

2.3.1. Chiến lược 3RVE

Hiện nay, nhiều nước phát triển trên thế giới đang thực hiện chiến lược 3RVE trong quản lý và xử lý CTR. 3RVE là viết tắt của các từ tiếng Anh: **R**educe - giảm thiểu; **R**euse - sử dụng lại; **R**ecycle - tái sinh, tái chế; **V**alidate - nâng cao giá trị chất thải bằng cách áp dụng các công nghệ xử lý “sinh lợi” nhằm thu hồi lại vật chất và năng lượng từ CTR. Cuối cùng, những thành phần còn lại không thể tận dụng được nữa phải xử lý thải bỏ - **E**liminate, chủ yếu là chôn lấp. Tuy nhiên, khi chôn lấp cũng phải xem xét khả năng có thể thu hồi khí gas phục vụ cuộc sống. Chiến lược 3RVE được thể hiện thứ tự ưu tiên để lựa chọn phương thức quản lý và công nghệ xử lý, nghĩa là giảm thiểu, sử dụng lại, tái chế/tái sinh, nâng cao giá trị CTR và thải bỏ.

2.3.2. Các công nghệ xử lý chất thải rắn giàu chất hữu cơ bằng sinh học đang áp dụng trên thế giới

Ở nhiều nước như Ấn độ, Trung Quốc,... người ta kết hợp xử lý CTR giàu chất hữu cơ gồm phân của các trang trại chăn nuôi và các phụ phẩm của mùa màng bằng các phương pháp khá hiệu quả với khoảng thời gian ngắn, chỉ mất khoảng vài ba tuần. Cách tiến hành ủ giữa các phương pháp ủ này rất khác biệt, có thể giới thiệu một số phương pháp như sau:

2.3.2.1. Phương pháp ủ windrow

Ủ windrow áp dụng cho các trang trại có khối lượng phân gia súc lớn, mặt bằng rộng và có điều kiện cơ giới hóa. Có hai cách ủ windrow, đảo trộn thường xuyên và thông khí thụ động.

Đảo trộn thường xuyên: Một lớp phân gia súc cao khoảng 1 m được xếp xuống phía dưới, sau đó phủ lên trên lớp phân đó các phế phụ

phẩm nông nghiệp giàu carbon như thân cây, lá cây, rơm, rạ,... để được độ cao đồng ủ khoảng 3,6 m, chiều rộng đồng ủ khoảng 3-6 m. Các nguyên liệu trong đồng ủ được cung cấp không khí một cách tự nhiên. Kích thước đồng ủ không nên quá lớn hoặc quá bé vì nếu quá lớn phần giữa đồng ủ bị yếm khí và sẽ tạo ra mùi hôi khó chịu, còn nếu quá bé sẽ không tạo được nhiệt độ cao, đủ để làm khô phân, diệt các mầm bệnh và cỏ dại. Đồng ủ cần được đảo trộn thường xuyên, tần suất đảo trộn đồng ủ phụ thuộc vào tỷ lệ phân hủy, độ ẩm, độ xốp và thời gian ủ. Vì khả năng phân hủy hữu cơ ở thời gian đầu là mạnh nhất nên tần suất đảo trộn sẽ giảm dần theo thời gian ủ. Ở giai đoạn đầu nên đảo trộn hàng ngày, sau đó giảm dần khoảng 1 tuần 1 lần.



Hình 2.1. Các đồng ủ windrow

- *Ủ hóa khí thụ động*: Rơm, rạ, rêu, các phụ phẩm nông nghiệp có độ xốp cao được đặt dưới cùng. Các nguyên liệu giàu hữu cơ như phân động vật được đổ lên trên lớp rơm, rạ tạo chiều cao đồng ủ khoảng 1,0-1,2 m. Sau cùng phủ một lớp than bùn, rơm, rạ để cách ly đồng ủ, ngăn

chặn ruồi, muỗi, hạn chế mùi hôi thối và giảm mất đạm do bốc hơi. Đống ủ được cấp khí thường xuyên từ ôxy không khí bởi các ống thông khí được cắm sát phía lớp rom, rạ dưới cùng,... Sau khi ủ sẽ không đảo trộn đống ủ nữa nên các nguyên liệu ủ phải được đảo trộn kỹ trước khi ủ. Tránh nén nguyên liệu ủ khi tiến hành làm đống ủ. Người ta cũng có thể sử dụng các ống cung cấp khí cho đống ủ có quạt gió để làm tăng khả năng cung cấp không khí trong đống ủ.

2.3.2.2. Phương pháp ủ in-vessel

Các thùng chứa nguyên liệu ủ được trang bị máy thổi khí hoặc hệ thống cung cấp khí tạo điều kiện hiếu khí tối ưu để làm tăng quá trình phân hủy chất hữu cơ. Có một số hình thức ủ sử dụng phương pháp này như: ủ trong thùng (thùng ủ được thiết kế bằng các thanh gỗ đóng tạo thành các khe hở để không khí dễ xâm nhập). Về nguyên lý, cách ủ này giống như phương pháp ủ nhanh bằng cách tạo các ống cung cấp khí cho đống ủ, tạo ra môi trường **hảo khí** xâm nhập đống ủ mà không phải đảo trộn nguyên liệu ủ; Ủ thành đống kết hợp kiểm soát quá trình hảo khí và đảo trộn có định kỳ; hay ủ và đảo trộn nguyên liệu ủ hàng ngày, bằng cách dùng máy xúc đảo nguyên liệu từ đáy đống ủ lên trên rồi trộn đều với nguyên liệu thô phía trên, tạo ra môi trường hiếu khí trong đống ủ,...

2.3.2.3. Phương pháp ủ nhanh IBS

Các nguyên liệu giàu carbon như rom, rạ, cỏ,... được chặt nhỏ và làm ẩm, sau đó được trộn với nguyên liệu giàu nitơ như phân động vật với tỷ lệ 4/1-1/1. Các nguyên liệu ủ được xếp một cách lỏng lẻo trong đống ủ để tạo môi trường hiếu khí. Nấm *Trichoderma harzianum* được rắc lên trên các nguyên liệu ủ trong quá trình tạo đống ủ để hoạt hóa quá trình phân hủy chất hữu cơ với tỷ lệ sử dụng là 1 kg nguyên liệu hoạt hóa/100 kg nguyên liệu ủ. Đống ủ được phủ kín bằng vải bạt nylon để giữ nhiệt, giảm bốc hơi nước và bốc hơi đạm. Nhiệt độ trong đống ủ tăng nhanh trong vòng 1-2 ngày. Khi nhiệt độ đạt đỉnh 50 °C hoặc hơn, đảo trộn đống ủ 2-3 lần trong 2 tuần đầu sau đó đảo trộn đống ủ 2 tuần/ lần. Thời gian ủ từ 21-45 ngày, tùy thuộc vào nguyên liệu hữu cơ dùng để ủ. Sau khi kết thúc quá trình ủ, phân ủ được đưa ra

khởi đông ủ và phơi nắng khô khoảng 1-2 ngày trước khi cất, đóng vào bao, hoặc sử dụng.

2.3.2.4. Ủ nhanh bằng giun

Đào các hố ủ với kích thước rộng \times dài \times sâu = 3 m \times 4 m \times 1 m, các hố được ngăn cách bằng lưới để không cho giun đi ra xung quanh, nhưng cho phép thoát nước dễ dàng, hố ủ được đổ đầy nguyên liệu hữu cơ như rơm, rạ, phân gia súc, phế phụ phẩm,... ở phía trên phủ một lớp đất để giữ ẩm trong khoảng một tuần. Sau đó thả giun ở phía trên đồng ủ, giun sẽ ngay lập tức đào bới và chui xuống phía dưới đồng ủ. Sau khoảng 2 tháng, thu gom giun sau khi nguyên liệu hữu cơ đã phân hủy hết, phân ủ được để trong bóng râm và giữ ẩm. Giun được cho sang đồng ủ khác để tiếp tục quá trình phân hủy hữu cơ, hoặc làm thức ăn chăn nuôi, thức ăn cho cá,... Giun có thể sử dụng mọi chất thải hữu cơ làm thức ăn. Hàng ngày, thường chúng có thể tiêu thụ một lượng hữu cơ **bằng khối lượng của**. Phân giun là nguyên liệu giàu nitơ, phospho, kali, canxi và magiê ở dạng dễ tiêu cho cây trồng.

2.3.2.5. Công nghệ ứot một giai đoạn

Chất thải đã được phân loại tại nguồn được vận chuyển đến nhà máy và chuyển qua công đoạn nghiền sơ bộ, phân loại từ tính trước khi phân loại bằng máy trống quay. Nhiên liệu thu từ rác được tách ra và chuyển đến nồi hơi đốt theo công nghệ tầng sôi. Các chất hữu cơ còn lại được chuyển đến bể chuẩn bị nguyên liệu phản ứng. Tại đây, các chất này được chuyển sang dạng dịch lỏng bằng cách pha loãng với 10 % nước rồi được bơm đến bể phản ứng sinh học kỵ khí. Hệ thống gồm hai hay nhiều dây chuyền hoạt động song song. Quá trình phân hủy bắt đầu ở nhiệt độ 35 °C với thời gian lưu từ 15-20 ngày. Quy mô của hệ thống có thể lên đến 5.000 m³. Khí sinh học sinh ra sẽ được tuần hoàn lại một phần để tạo bọt khí làm khuấy trộn vật liệu trong bể phản ứng. Huyền phù tạo ra được diệt khuẩn ở 70 °C trong vòng 30 phút nhằm đảm bảo an toàn khi bón cho đất nông nghiệp. Sau khi quá trình phân hủy CTR kết thúc, bùn lỏng sẽ được ép để lấy lại dịch lỏng để tuần hoàn trở lại cho đầu vào và tạo ra chất rắn đã phân hủy có độ ẩm thấp

để xử lý tiếp. Công nghệ ổn định đã được thử nghiệm và vận hành trong nhiều thập kỷ.

2.3.2.6. Công nghệ khô một giai đoạn Dranco

Hệ thống khô khác biệt so với hệ thống ướt về bản chất vật lý của các chất lên men. Quá trình vận chuyển, nạp chất lên men có thể thực hiện nhờ băng tải, trục vít hoặc bơm chuyên dụng có công suất lớn. Các thiết bị này đắt hơn so với bơm sử dụng trong hệ thống ướt. Ngoài ra, các thiết bị này phải đủ mạnh để có thể vận chuyển được đá, thủy tinh, gỗ mà không gây ra bất cứ cản trở nào. Dạng thiết bị phản ứng sử dụng là kiểu dòng chảy nút đơn giản về mặt kỹ thuật và không cần phải có thiết bị khuấy trộn cơ học nào bên trong thiết bị phản ứng. Hiện công nghệ Dranco đã và đang được áp dụng tại nhiều nhà máy quy mô công nghiệp ở châu Âu với công suất từ 11.000 tấn/năm đến 35.000 tấn/năm.

Thành phần chất rắn tổng số của nguyên liệu biến thiên khoảng 15-40 %, phụ thuộc vào các vật liệu đầu vào. Chất thải hữu cơ được phân loại tại nguồn bằng tay hay xé nhỏ trước khi chuyển đến sàng phân loại để tách các vật lớn. Thiết bị phân loại từ tính loại bỏ các mảnh kim loại và nguyên liệu sau đó được trộn với nước tái sử dụng từ quá trình. Nguyên liệu được bơm đến đỉnh của phản ứng sinh học kỵ khí. Hệ thống Dranco bao gồm một giai đoạn kỵ khí hiếu nhiệt hoạt động ở nhiệt độ 50-58 °C, thời gian lưu 20 ngày, 5 % lượng chất thải trong bể phản ứng được lấy ra hàng ngày, khử nước bằng máy ép dạng trục vít để thu được 55 % chất rắn. Nước rỉ được tiền xử lý bằng các hồ hiếu khí tại chỗ trước khi thải đến trạm xử lý nước thải đô thị của vùng. Phần chất rắn với hàm lượng chất rắn tổng số khoảng 50 % được ổn định hiếu khí trong thời gian khoảng 2 tuần theo kỹ thuật thổi từ đáy. Sản phẩm cuối cùng là phân Humotex, là sản phẩm ổn định, vệ sinh, sử dụng tốt cho đất. Khoảng 7 % khí được tạo ra sử dụng cho đốt nóng bể phản ứng.

2.3.2.7. Công nghệ ướt liên tục đa giai đoạn BTA

Công nghệ ướt liên tục đa giai đoạn của BTA đã được áp dụng đầu tiên ở Helsingor, Đan Mạch vào năm 1993 với công suất 20.000 tấn/năm

chỉ tiếp nhận rác từ hộ gia đình đã được phân loại tại nguồn. Chất thải đã được phân loại tại nguồn được vận chuyển đến sàng tập kết trong nhà máy. Sau đó được chuyển đến máy xé bao và máy nghiền thủy lực. Tại máy nghiền thủy lực, chất thải được nghiền, loại bỏ chất dẻo và các chất trơ. Sinh khối sau khi nghiền được tiền xử lý ở nhiệt độ 70 °C trong vòng 1 giờ để diệt khuẩn và NaOH được thêm vào để gia tăng tốc độ phản ứng trong các công đoạn sau. Sinh khối sẽ được tách làm 2 loại: dịch lỏng được bơm đến bể phản ứng sinh học kỵ khí và huyền phù được chuyển đến bể phản ứng thủy phân, ở đó nó chuyển thành các axit hữu cơ. Phần dịch lỏng từ bể thủy phân được bơm đến bể phân hủy sinh học kỵ khí. Nhà máy tạo ra khoảng 3×10^6 m³ khí sinh học mỗi năm, sử dụng cho trạm phát điện và nồi hơi đốt khí ở gần nhà máy. Nhà máy trang bị bộ trao đổi nhiệt, do đó nhiệt được tạo thành từ quá trình phân hủy có thể được sử dụng để tăng nhiệt độ chất thải trong công đoạn tiền xử lý.

2.3.2.8. Công nghệ ướt liên tục đa giai đoạn TBW Biocomp

Công nghệ ướt liên tục đa giai đoạn của TBW đã được áp dụng tại Thronhofen, Đức từ năm 1996 với công suất 13.000 tấn/năm và chỉ tiếp nhận chất thải hữu cơ đã được phân loại tại nguồn. Công nghệ TBW là công nghệ kết hợp giữa phân hủy kỵ khí và hiếu khí rác thải. Chất thải hữu cơ đã được phân loại tại nguồn được sử dụng kết hợp với chất thải lỏng của công nghiệp chế biến nông sản. Chất thải tại nhà máy được phân loại thành các vật liệu thô và chất hữu cơ mịn hơn nhờ sàng dạng trống quay. Các vật liệu sau đó được loại bỏ các vật liệu vô cơ bằng tay, máy phân loại từ trước khi chuyển sang phân hủy tiếp. Phần vật liệu thô được chuyển đến quá trình chế biến phân rác hiếu khí, phần vật liệu mịn hơn được chuyển đến quá trình phân hủy kỵ khí. Quá trình ủ vật liệu thô được thực hiện theo dạng đánh luống trong vòng 6 tuần, trong suốt quá trình này chúng được đảo trộn một lần. Phần hữu cơ mịn được chuyển đến máy nghiền thủy lực tạo dung dịch có 10 % chất rắn bằng nước. Dịch lỏng sau đó được bơm vài mẻ/ngày vào bể phản ứng kỵ khí 1 hoạt động ở nhiệt độ 35 °C với thời gian lưu khoảng 2 tuần. Chất thải tại đây được khuấy trộn nhờ thiết bị khuấy dạng chân vịt. Bùn hoạt tính từ đáy của bể phản ứng kỵ khí 1 được chuyển sang đáy của bể phản ứng kỵ khí

2. Bể phản ứng kỵ khí 2 hoạt động ở chế độ hiếu nhiệt 55 °C với thời gian lưu cũng khoảng 2 tuần. Kết thúc tuần thứ 2 có khoảng 60 % chất hữu cơ ban đầu sẽ được chuyển thành biogas. Sự phân chia vật lý của 2 giai đoạn tạo ra sự gia tăng sản lượng khí. Khoảng 25 % năng lượng được tạo ra từ biogas được sử dụng để cấp nhiệt cho các bể phản ứng và các hoạt động bên trong nhà máy. Mỗi mét khối biogas tạo ra 1,5 kW điện và 3 kW nhiệt. Chất thải sau phân hủy được ép để loại nước. Phần lớn nước tạo ra được tái sử dụng để trộn với phân hữu cơ mịn ở máy nghiền. Phần nước thừa được làm sạch bằng các hồ làm sạch được thiết kế sẵn. Phần bùn rắn được trộn với phân hiếu khí đã ổn định để tạo sản phẩm cải thiện chất lượng đất.

2.3.3. Tình hình quản lý chất thải rắn ở Việt Nam, các phương pháp xử lý chất thải rắn bằng sinh học đang áp dụng ở các đô thị nước ta

Theo thông kê, CTR sinh hoạt phát sinh ở các đô thị chiếm đến hơn 50 % tổng lượng CTR sinh hoạt của cả nước mỗi năm. Đến năm 2015, tổng khối lượng CTR sinh hoạt phát sinh tại các đô thị khoảng 38.000 tấn/ngày. Trong khi năm 2014, khối lượng CTR sinh hoạt đô thị phát sinh khoảng 32.000 tấn/ngày. Riêng tại Hà Nội và Tp. Hồ Chí Minh, khối lượng CTR sinh hoạt phát sinh là 6.420 tấn/ngày và 6.739 tấn/ngày. Theo tính toán mức gia tăng của giai đoạn từ 2011 đến 2015 đạt trung bình 12 % mỗi năm và về xu hướng, mức độ phát sinh CTR sinh hoạt đô thị tiếp tục tăng trong thời gian tới.

Ở nước ta hiện nay, các phương pháp xử lý CTR áp dụng công nghệ sinh học đang sử dụng bao gồm chôn lấp hợp vệ sinh và ủ rác chế biến phân vi sinh.

2.3.3.1. Chôn lấp

Đây là phương pháp lưu giữ CTR trong một bãi và có phủ đất lên trên. CTR được xử lý bằng phương pháp chôn lấp phải là chất thải không nguy hại, dễ bị phân hủy sinh học, tạo thành các sản phẩm như axit hữu cơ, các hợp chất nitơ, amon và một số khí như CO₂, CH₄. Những lớp rác dày 0,4-0,8 m được trải bên trên mặt đất, được đầm nén để thu nhỏ khối lượng. Những lớp khác, rác tiếp tục được trải lên. Khi

lớp rác dày 2-2,2 m thì phủ một lớp đất dày 0,1-0,6 m lên trên rồi lại đầm nén. Cứ như thế với độ cao 15 m. Nếu bãi vận hành liên tục thì cứ sau 24 tiếng vận hành lại cần phủ đất. Ô chôn lấp cần được chống thấm bằng cách tạo độ dốc của đáy ô tối thiểu 2 % để nước rác tự chảy về các rãnh thu gom nước thải. Ô chôn lấp cần được đặt ở những nơi có lớp đất đá tự nhiên đồng nhất, với hệ số thấm $\leq 1 \times 10^{-7}$ cm/s và có chiều dày tối thiểu 6 m. Tại đây, vi sinh vật sử dụng chất hữu cơ của rác làm nguồn dinh dưỡng. Nhiệt độ tăng tới 60-70 °C kéo dài khoảng 30 ngày. Ở khoảng nhiệt độ này, các phản ứng hóa học diễn ra sẽ trội hơn các phản ứng vi sinh vật vì hầu hết vi sinh vật bị tiêu diệt ở nhiệt độ 70 °C. Ôxy bị vi sinh vật hiếu khí tiêu thụ dần. Khi môi trường trở nên yếm khí dần các vi sinh vật yếm khí bắt đầu hoạt động. Các quá trình sinh hóa diễn ra bao gồm ôxy hoá hiếu khí bởi các vi sinh vật hiếu khí và lên men kỵ khí. Nếu rác chứa nhiều sulfat thì sự tạo thành mêtan sẽ giảm. Chất thải xây dựng là một nguồn sulfat, vì thế, không nên đổ lẫn nó vào bãi chôn lấp rác thải chung.

Các giai đoạn lớn: Giai đoạn hiếu khí thường kéo dài vài tuần. Nối tiếp đó là giai đoạn yếm khí tùy tiện tạo ra axit; Giai đoạn yếm khí tuyệt đối tạo ra nhiều CH₄ kéo dài vài năm đến 100 năm hoặc lâu hơn.

Nước rỉ rác từ bãi chôn lấp rác: Đó là nước ô nhiễm chứa các chất gây ô nhiễm bắt nguồn từ rác, thấm qua lớp rác của bãi chôn lấp, đi xuống đất ở dưới bãi chôn lấp và có thể xuống tới nước ngầm ở vùng đó. Nước rác cũng là một loại nước thải, do vậy, các bãi chôn lấp rác phải có hệ thống thu gom nước rác để xử lý. Đó là hệ thống cống rãnh hoặc ống dẫn xung quanh bãi rác và dưới đáy các lớp rác.

Các phương pháp xử lý nước rác về cơ bản cũng là các phương pháp để xử lý nước thải nói chung bao gồm các phương pháp vật lý, hóa học và sinh học. Trước khi lựa chọn công nghệ phù hợp để xử lý nước rác và thiết kế trạm xử lý nước rác, trước hết cần quan tâm đến các đặc tính của nước rác về BOD, COD, cặn lơ lửng, hàm lượng nitơ tổng số, hàm lượng NH₄⁺, pH, số lượng coliform,...

Hầu như các đô thị đều sử dụng phương pháp chôn lấp CTR là chủ yếu. Tuy nhiên, chỉ có 15/64 tỉnh/thành phố có bãi chôn lấp hợp vệ sinh. Theo thống kê có 149 bãi rác cũ không hợp vệ sinh, trong đó có 21 bãi cấp tỉnh/thành phố và 128 bãi cấp huyện/thị trấn. Năm 2006, cả nước có 98 bãi chôn lấp hợp vệ sinh đang hoạt động, trong đó chỉ có 16/98 bãi chôn lấp hợp vệ sinh, 82/98 bãi chôn lấp không hợp vệ sinh, chỉ là những bãi tự nhiên hoặc hoạt động không hiệu quả.

Về thực chất, đa số bãi chôn lấp CTR đó chỉ đơn thuần là nơi đổ rác, chưa được quy hoạch, thiết kế, xây dựng và vận hành đúng theo quy định bãi chôn lấp hợp vệ sinh: vị trí gần khu dân cư, cách khu dân cư chỉ 200-500 m, thậm chí có bãi chỉ cách 100 m; không có lớp chống thấm ở thành và đáy ô chôn lấp; không có hệ thống thu gom và xử lý nước rác, khí rác nên đã gây ô nhiễm môi trường đất, nước, không khí và hệ sinh thái, ảnh hưởng đến sức khỏe cộng đồng. Chính vì vậy, trong 439 cơ sở gây ô nhiễm môi trường nghiêm trọng phải tập trung xử lý triệt để (theo Quyết định số 64/2003/QĐ-TTg ngày 22/4/2003 của Thủ tướng Chính phủ) có 52 bãi chôn lấp CTR.

Tình trạng chôn lấp chung CTR y tế và công nghiệp nguy hại chưa qua xử lý với CTR sinh hoạt còn phổ biến ở nhiều đô thị. Nhiều đô thị gặp khó khăn về địa điểm và quỹ đất xây dựng bãi chôn lấp. Gần đây, một số đô thị đã xây dựng bãi chôn lấp CTR hợp vệ sinh, bước đầu hoạt động có hiệu quả, điển hình là bãi chôn lấp Nam Sơn ở Hà Nội, Khánh Sơn 2 ở Đà Nẵng,...

Về sự tạo thành khí ở bãi chôn lấp rác: Quá trình phân hủy rác hữu cơ do VSV thực hiện tại các bãi chôn lấp rác làm sinh ra nhiều loại khí, hỗn hợp các khí ấy được gọi chung là khí sinh học biogas. Khí sinh học có 50-60 % mêtan, còn lại là các khí khác với lượng rất nhỏ, như nitơ, ôxy, hydro, ... Mêtan là khí nguy hiểm nhất, có thể gây ngạt, gây cháy nổ nên cần có hệ thống thu gom để tận dụng như một nguồn nhiên liệu. Nếu không thể thu gom được, cần làm thoát khí này để tránh các nguy cơ nói trên. Giới hạn cho phép về nồng độ khí mêtan trong không khí thuộc khu vực bãi chôn lấp rác là 1,25 %. Việc thu gom cũng như làm thoát khí này phải được tính đến trong thiết kế bãi chôn lấp rác.

2.3.3.2. Ủ rác chế biến phân vi sinh (compost)

Đây là hình thức xử lý được coi là đơn giản nhất và với quy mô nhỏ nhất. Rác được ủ thành đống hoặc luống, nổi trên mặt đất hoặc chìm dưới hồ, hoặc nửa nổi nửa chìm. Đống ủ có thể được trát kín bằng bùn. Trong trường hợp này, suốt quá trình ủ, ôxy sẽ được tiêu thụ dần đến hết và điều kiện chuyển từ hiếu khí sang kỵ khí; nhiệt độ có thể tăng lên đến 60-70 °C. Nếu đống ủ không được trát kín, nó cũng có thể được đảo xới định kỳ để được cung cấp ôxy vào bên trong.

Hình thức ủ đống có thể được áp dụng không những với rác thải sinh hoạt mà còn với rác thải sản xuất của làng nghề, loại giàu tinh bột như nước thải của các làng nghề chế biến sắn, làm bún, miến,... hay phế thải công nghiệp của các ngành công nghiệp cà phê, công nghiệp đường, công nghiệp giấy, phế thải nông nghiệp, phế thải chăn nuôi,... Thời gian ủ dài hay ngắn là tùy thuộc vào quy mô đống ủ, tùy nguyên liệu ủ và điều kiện hiếu khí hay kỵ khí. Có thể kết hợp một giai đoạn hiếu khí với một giai đoạn kỵ khí.

Sản phẩm của sự ủ đống được gọi là phân ủ hay còn gọi là phân compost, cũng giống như của quá trình phân huỷ chất hữu cơ trong tự nhiên, là hỗn hợp của các chất hữu cơ đơn giản - các sản phẩm trung gian của quá trình phân huỷ các chất hữu cơ phức tạp và các chất vô cơ. Hỗn hợp này tương đương với mùn trong tự nhiên, vì thế có thể được dùng làm phân bón hữu cơ, dùng cho trồng trọt. Khi bón vào đất, chúng được các nhóm vi sinh vật đất phân huỷ tiếp tới các chất vô cơ mà cây hấp thụ được. Trong quá trình ủ đống nói trên, nếu đảm bảo giữ được nhiệt sinh ra tới 60-70 °C thì hầu hết vi sinh vật gây bệnh và cả trứng giun, sán bị giết chết, nên phân ủ nói chung không đáng lo ngại về mặt vệ sinh.

Trong một số trường hợp, để tăng cường quá trình phân huỷ trong đống ủ, người ta bổ sung các chế phẩm vi sinh vật gồm các tế bào sống đã được lựa chọn. Đó có thể là chế phẩm đơn chủng, hoặc đa chủng có những hoạt tính mong muốn, ví dụ phân huỷ một loại chất nhất định, ở điều kiện hiếu khí, hay kỵ khí, hoặc vi hiếu khí. Một số chủng đã được

dùng làm chế phẩm là thuộc các chi *Cellulomonas*, *Trichoderma*, *Aspergillus* và *Penicillium*.

Nước ta hiện có hơn 10 nhà máy chế biến rác thải hữu cơ thành phân bón vi sinh. Các nhà máy này thường thực hiện ở các thành phố lớn nhưng với quy mô và công suất nhỏ. Đó là Nhà máy Chế biến rác thải Cầu Diễn ở Hà Nội với công suất xử lý 50.000 tấn rác/năm theo công nghệ Tây Ban Nha; Nhà máy Xử lý rác thải Nam Định với công suất xử lý 250 tấn/ngày theo công nghệ Pháp; công nghệ Dranco - Đan Mạch tại Hóc Môn, Thành phố Hồ Chí Minh công suất 240 tấn/ngày; Nhà máy Xử lý rác thải Hải Phòng với công suất 200 tấn/ngày,... Ngoài ra, một số đô thị khác như Việt Trì, Vinh, Sơn Tây, Huế, Ninh Thuận,... cũng có nhà máy xử lý rác thành phân bón, nhựa tái sinh, vật liệu xây dựng hoàn toàn do Việt Nam tự nghiên cứu và chế tạo.

Chất lượng phân bón của Nhà máy Chế biến rác thải Cầu Diễn, Hà Nội với công nghệ Tây Ban Nha và Nhà máy Chế biến rác thải Nam Định với công nghệ Pháp được đánh giá tốt. Đối với phân bón hữu cơ do các nhà máy của Việt Nam nghiên cứu chế tạo đang trong thời kỳ thử nghiệm và cho nhiều kết quả khá khả quan.

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP CHƯƠNG 2

1. Chất thải rắn, phân loại chất thải và ý nghĩa của việc phân loại chất thải trong xử lý chất thải bằng biện pháp sinh học?
2. Các yếu tố ảnh hưởng đến sinh trưởng, phát triển của vi sinh vật trong xử lý chất thải rắn bằng phương pháp hiếu khí?
3. Các yếu tố cần được quan tâm khi xử lý CTR theo phương pháp chôn lấp?
4. Tỷ lệ C/N của CTR giàu chất hữu cơ có ý nghĩa gì trong xử lý CTR bằng công nghệ sinh học?
5. Các yếu tố ảnh hưởng đến sinh trưởng, phát triển của vi sinh vật trong xử lý chất thải rắn bằng phương pháp yếm khí?
6. Quy trình xử lý CTR bằng công nghệ khô một giai đoạn Dranco? Nêu những ưu, nhược điểm của phương pháp này?
7. Quy trình xử lý CTR bằng công nghệ ướt liên tục đa giai đoạn của BTA? Nêu những ưu, nhược điểm của phương pháp này?
8. Trình bày nguyên tắc và quy trình công nghệ sản xuất khí sinh học từ lên men CTR giàu chất hữu cơ?
9. CTR sau khi được xử lý bằng phương pháp ủ compost, có thể có các VSV gây bệnh cho sức khỏe con người không? Nếu có, làm thế nào để hạn chế tình trạng này?
10. Quy trình xử lý CTR bằng công nghệ ướt liên tục đa giai đoạn của TBW? Nêu những ưu, nhược điểm của phương pháp này?
11. Ý nghĩa của việc tuyển chọn VSV hữu hiệu để bổ sung vào đồng ủ rác thải hữu cơ? Những nhóm VSV nào thường hay được sử dụng ở Việt Nam?

Chương 3

Ô NHIỄM KHÔNG KHÍ VÀ CÔNG NGHỆ SINH HỌC XỬ LÝ KHÍ THẢI Ô NHIỄM

3.1. Ô nhiễm không khí và ảnh hưởng của một số chất ô nhiễm không khí đối với con người và môi trường. Một số chất ô nhiễm không khí điển hình

3.1.1. Tình hình ô nhiễm không khí trên thế giới và Việt Nam

3.1.1.1. Tình hình ô nhiễm không khí trên thế giới

Ô nhiễm môi trường không khí hiện đang là vấn đề nhức nhối bởi ngày nay, ô nhiễm không khí không chỉ còn là vấn đề của các đô thị hay các khu công nghiệp mà đã trở thành vấn đề cấp thiết với toàn xã hội. Hàng năm 1,6 tỉ tấn hoá chất độc hại được thải trực tiếp vào môi trường không khí từ hoạt động của các loại hình công nghiệp. Trong không khí của các thành phố công nghiệp lớn, người ta đã phát hiện tới khoảng 150 chất hữu cơ thuộc về các chất đồng đẳng của benzol, hydrocarbon, phenol,... Các xí nghiệp hóa học, chế tạo giấy cellulose, sản xuất sơn và công nghiệp thực phẩm, các xí nghiệp chế biến nông sản và các tổ hợp chăn nuôi, các bể lắng nước thải và các thiết bị xử lý chất thải đều là nguồn thải các chất độc hại có mùi hôi mà thậm chí ở nồng độ không lớn đã gây ra cho con người cảm giác khó chịu làm hại sức khỏe của cộng đồng xã hội.

Tổ chức Y tế Thế giới (WHO) đã nhận định rằng 80 % dân số ở các thành phố trên thế giới đang hít thở nguồn không khí không đáp ứng được tiêu chuẩn cho phép về chất lượng, trong đó chủ yếu tập trung ở các nước đang phát triển. Tổng hợp dữ liệu của 3.000 thành phố, thị trấn và làng xã của 103 quốc gia từ năm 2008 đến 2013, WHO tuyên bố mức độ ô nhiễm không khí đô thị toàn cầu đã tăng 8 % bất chấp những cải thiện ở một số vùng.

Health Effects Institute (HEI) vừa đưa ra kết quả nghiên cứu mới nhất trong báo cáo thường niên 2018, dựa trên dữ liệu vệ tinh và được quy chiếu với các tiêu chuẩn trong “Hướng dẫn đánh giá chất lượng không khí” của WHO. HEI cho biết, hơn 95 % dân số thế giới đang phải hít thở bầu không khí ô nhiễm và có đến 60 % người sống ở những khu vực không đáp ứng được tiêu chuẩn cơ bản nhất của WHO.

Trung Quốc và Ấn Độ là hai quốc gia đứng đầu danh sách ô nhiễm môi trường, chiếm 50 % số ca tử vong do ô nhiễm không khí trên toàn cầu. Riêng tại Trung Quốc đã ghi nhận 1,1 triệu người chết vì ô nhiễm không khí trong năm 2016.

Mặc cho nhận thức về môi trường sống và ô nhiễm không khí ngày càng được cải thiện tại các đô thị lớn, tình hình vẫn ngày càng trầm trọng hơn khi 2/3 thế giới đang phải hứng chịu nạn ô nhiễm khủng khiếp với chỉ số hạt bụi PM 2,5 cao trên mức 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ khí, chủ yếu tại châu Á, Trung Đông và châu Phi.

3.1.1.2. Tình hình ô nhiễm không khí ở Việt Nam

Có một nét nổi bật, ô nhiễm không khí ở Việt Nam có tính đặc thù riêng ở các môi trường không khí ở khu đô thị, ở các khu vực nông thôn làng nghề, các khu vực sản xuất. Trong 3 thập kỷ trở lại đây, sự phát triển của một số lĩnh vực như công nghiệp, vận tải,... khiến tình trạng ô nhiễm không khí ngày càng trầm trọng hơn.

** Ô nhiễm môi trường không khí ở các khu đô thị*

Tại các đô thị ở Việt Nam, bụi là tác nhân chủ yếu gây ô nhiễm môi trường không khí. Nồng độ các thông số bụi (bụi mịn và bụi lơ lửng tổng số) có xu hướng duy trì ở ngưỡng cao, đặc biệt tại các trục giao thông và tuyến đường chính ở các đô thị lớn. Các khu công trường xây dựng cũng góp phần đáng kể gây ô nhiễm bụi và phạm vi ô nhiễm chủ yếu là cục bộ. Kết quả đo cho thấy, số ngày có giá trị bụi PM10, PM2,5 vượt QCVN chiếm tỷ lệ khá cao, đặc biệt tại các trạm ven đường giao thông.

Bên cạnh đó là vấn đề bụi mịn, yếu tố có tác động nguy hại đáng kể

đối với sức khỏe người dân. Tỷ lệ bụi mịn (PM_{2,5} và PM₁) ở nước ta khá cao, đặc biệt ghi nhận vào những ngày nhiệt độ thấp hoặc không khí khô.

Phần lớn các thông số ô nhiễm khác (NO₂, SO₂, CO và Pb) vẫn nằm trong ngưỡng cho phép của QCVN 05:2013/BTNMT và ô nhiễm thường mang tính cục bộ. Về ô nhiễm tiếng ồn, giá trị đo tại các trục giao thông thường cao hơn khu dân cư và tại một số trục đạt xấp xỉ ngưỡng QCVN 26:2010/BTNMT. Riêng đối với thông số ôzôn ở tầng mặt đất, kết quả quan trắc năm 2013 đã ghi nhận có một số trường hợp tăng cao xấp xỉ ngưỡng QCVN 05:2013/BTNMT trung bình 1 giờ, đáng kể mức tăng cao xuất hiện cả ban đêm.

** Ô nhiễm môi trường không khí xung quanh khu vực sản xuất*

Tương tự khu đô thị, vấn đề nổi cộm ở các khu vực sản xuất là ô nhiễm bụi. Nồng độ bụi lơ lửng tổng số tại nhiều điểm quan trắc quanh các khu công nghiệp vượt quy chuẩn trung bình 24 giờ và trung bình năm, đặc biệt xung quanh các khu công nghiệp khai khoáng, nhiệt điện, xi măng,... luôn phát thải vào môi trường không khí một lượng bụi lớn.

Ngoài ra, ô nhiễm tiếng ồn xung quanh các khu công nghiệp cũng được ghi nhận. Đặc trưng ở một số nhà máy chế biến nông lâm thủy sản, mùi ô nhiễm rất nặng gây ảnh hưởng đáng kể đến chất lượng cuộc sống người dân ở khu vực lân cận. Các thông số khác như NO₂, SO₂ nhìn chung vẫn thấp hơn ngưỡng quy chuẩn cho phép.

** Ô nhiễm môi trường không khí khu vực nông thôn và làng nghề*

Đối với vùng nông thôn, nhìn chung chất lượng môi trường không khí còn khá tốt. Môi trường chủ yếu bị tác động cục bộ do các hoạt động sản xuất của làng nghề, xây dựng, đốt rơm, rạ, đốt rác thải, đun nấu,... Tại các làng nghề, vấn đề ô nhiễm không khí chưa có dấu hiệu giảm những năm qua. Ô nhiễm không khí chủ yếu gồm bụi, khí độc, hơi kim loại, mùi và tiếng ồn và tùy thuộc vào tính chất, quy mô và sản phẩm của từng loại ngành nghề. Nồng độ SO₂, NO₂ tại các làng nghề tái chế nhựa, đúc đồng rất cao, vượt nhiều lần giới hạn cho phép. Bụi và tiếng ồn là hai vấn đề ô nhiễm thường xảy ra ở các làng nghề cơ khí và sản xuất đồ

gỗ. Đối với các làng nghề chế biến thực phẩm, ô nhiễm mùi là vấn đề nổi cộm ảnh hưởng đáng kể đến môi trường.

3.1.2. Nguyên nhân gây ô nhiễm không khí trên thế giới và Việt Nam

Có hai nguyên nhân chính dẫn đến ô nhiễm môi trường không khí đó là yếu tố tự nhiên và tác động của con người.

** Ô nhiễm không khí từ các tác nhân tự nhiên*

- Ô nhiễm từ gió, bão: gió, bão **làm tung** các bụi bẩn, các chất khí,... và đẩy chúng đi xa hàng trăm kilômét khiến sự ô nhiễm lây lan ra theo diện rộng một cách nhanh chóng.

- Ô nhiễm do cháy rừng, núi lửa phun trào: cháy rừng và núi lửa phun trào làm phát sinh lượng lớn các bụi tro bẩn và các khí độc hại

** Ô nhiễm không khí do các hoạt động của con người*

Bên cạnh yếu tố tự nhiên, con người là nguyên nhân chính dẫn đến ô nhiễm môi trường không khí. Những hoạt động của con người như sinh hoạt, sản xuất, xây dựng và giao thông,... đã và ngày càng gây ảnh hưởng đến môi trường không khí, khiến tình trạng ô nhiễm ngày càng nghiêm trọng hơn, trong đó hoạt động xả thải khí ô nhiễm từ các nhà máy, các khu công nghiệp chiếm tỷ lệ lớn nhất trong những nguyên nhân gây ra tình trạng ô nhiễm không những không khí mà còn cả các môi trường khác. Trong khói bụi từ các nhà máy có một lượng lớn các khí CO₂, CO, SO₂, NO_x; các chất hữu cơ chưa cháy hết: muội than, bụi với nồng độ cực cao. Nếu trong quá trình xử lý khí thải không tốt sẽ ảnh hưởng rất xấu đến sức khỏe của người dân sống trong khu vực đó. Đây cũng là nguyên nhân chính gây ra hiện tượng mưa axit gây rất nhiều thiệt hại cho con người. Một nguyên nhân khác cũng là nguồn phát thải khí ô nhiễm, khói bụi gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến môi trường không khí là các hoạt động giao thông. Lượng khói, bụi từ xe hơi, xe máy, các phương tiện nói chung sử dụng nhiên liệu khí đốt để hoạt động,... cũng rất lớn bởi số người tham gia giao thông hàng ngày là cực cao. Đối với những đất nước chưa phát triển hoặc đang phát triển thì các phương tiện giao thông có thể gây ô nhiễm không khí hơn khi sử dụng các

phương tiện lỗi thời cũng như cơ sở hạ tầng cho các dịch vụ di chuyển công còn chưa phát triển.

Ở Việt Nam, áp lực lên môi trường không khí có sự thay đổi tùy theo đặc thù phát triển của từng vùng miền và quy mô tính chất của từng nguồn thải, có thể kể ra những nguyên nhân chính gây nên ô nhiễm môi trường không khí như sau:

- *Do sự đô thị hóa quá nhanh kéo theo sự gia tăng nhanh dân số đô thị phát sinh quá nhiều hoạt động sản xuất, phát triển, xây dựng, ... phát thải khí, bụi ô nhiễm vào môi trường.* Tỷ lệ đô thị hóa ở nước ta đang diễn ra rất nhanh, từ 23,7 % năm 1999 lên 37,5 % năm 2017. Hiện số dân đô thị chiếm 32 % tổng dân số toàn quốc - trong khi cơ sở vật chất chưa đáp ứng nhu cầu là nguyên nhân dẫn đến các vấn đề môi trường không khí ở các đô thị loại I và II. Hoạt động xây dựng, cải tạo và xây mới các khu chung cư, khu đô thị, cầu đường, sửa chữa nhà, vận chuyển vật liệu và phế thải xây dựng,... diễn ra ở khắp nơi, làm phát tán bụi vào môi trường không khí xung quanh.

- *Các công trình xây dựng đang mọc lên ở khắp nơi nhưng do các đơn vị thi công xây dựng chưa thực hiện đầy đủ và nghiêm ngặt các biện pháp bảo vệ môi trường:* Ở nước ta, việc kiểm soát bụi khí thải trong ngành xây dựng mới chỉ thực hiện thông qua các quy định về che chắn bụi tại các công trường xây dựng, phương tiện chuyên chở nguyên vật liệu và phế thải xây dựng, rửa xe trước khi ra khỏi công trường, phun nước rửa đường,... nhưng cũng còn nhiều hạn chế. Hoạt động xây dựng, sửa chữa nhà cửa, đường sá, quá trình vận chuyển nguyên vật liệu,...; các biện pháp bảo vệ môi trường xây dựng không được thực hiện đầy đủ, nghiêm ngặt đã và đang khiến mật độ bụi trong môi trường tăng cao, gây ra tình trạng ô nhiễm không khí.

- *Ở khu vực nông thôn, hoạt động dân sinh với nguyên liệu đun nấu và sản xuất vẫn chủ yếu dựa vào nhiên liệu hóa thạch, củi,... và các chất thải chưa được kiểm soát.*

+ Ngành chăn nuôi với quy mô và số lượng tăng nhanh chóng (gần 2.000 trang trại trong 2 năm từ 2011-2013 đã được hình thành thêm) đã

thải khoảng 75-85 triệu tấn chất thải, làm phát sinh các loại khí thải gồm khí CO₂ chiếm 9 %, khí CH₄ chiếm 37 %, NO_x chiếm 65 % và một số khí khác như H₂S và NH₃. Khí CH₄ phát sinh chủ yếu từ quá trình lên men thức ăn ở động vật nhai lại và phân của gia súc. Chất thải gia súc, gia cầm hầu như không được xử lý đúng kỹ thuật, xả thải trực tiếp ra môi trường là một trong những nguyên nhân gây mùi khó chịu.

+ Lĩnh vực trồng trọt cũng gây ra vấn đề môi trường do tăng lượng phân bón hóa học, thuốc bảo vệ thực vật và lượng chất thải sau thu hoạch gồm rơm, rạ, cây khô. Phân bón hóa học được sử dụng phổ biến trong sản xuất nông nghiệp do ưu thế về chi phí và hiệu quả nhanh đối với cây trồng. Công tác thu gom và xử lý các loại vỏ bao đựng phân bón, vỏ bao đựng hóa chất bảo vệ thực vật chưa được hợp lý, nhiều nơi thải bỏ ngay tại đồng ruộng, từ đó phát sinh mùi, khí thải gây ảnh hưởng đến môi trường không khí. Thuốc trừ sâu, thuốc kích thích sinh trưởng,... sau sử dụng, bị ôxy hóa thành dạng khí thải có tính axit, kiềm rất độc hại và phát tán vào môi trường. Ngoài ra, sau mỗi vụ thu hoạch, hoạt động đốt rơm rạ ngoài trời là quá trình đốt không kiểm soát, trong đó sản phẩm chủ yếu là các chất khí: bụi, CO₂, CO, NO_x,... tạo khói mù quang hóa, gây ảnh hưởng xấu tới sức khỏe con người và môi trường.

- *Hoạt động của một số nhóm làng nghề, điển hình như làng nghề tái chế thải ra môi trường một lượng lớn khói, bụi, khí ô nhiễm, ...*: Các làng nghề này chủ yếu nằm ở khu vực đồng bằng Sông Hồng và đồng bằng sông Cửu Long. Các làng nghề khác nhau có loại hình sản xuất với mức độ phát thải và đặc trưng các loại khí thải khác nhau. Những làng nghề phát thải khí thải lớn nhất thuộc 03 nhóm làng nghề: tái chế (kim loại, giấy, nhựa,...), vật liệu xây dựng, khai thác đá và chế biến thực phẩm. 70 % các làng nghề có quy mô nhỏ, trình độ sản xuất thấp, thiết bị cũ và công nghệ lạc hậu, nằm xen kẽ tại các khu dân cư. Khí thải chứa các thành phần ô nhiễm đặc trưng bao gồm: bụi, CO₂, CO, SO₂, NO_x, chất hữu cơ bay hơi,...

- *Hoạt động giao thông cũng đóng góp một lượng lớn khói thải và bụi ô nhiễm, đặc biệt ở các thành phố lớn*: Giao thông với xu hướng số lượng phương tiện giao thông gia tăng mạnh mẽ qua các năm được

đánh giá là nguồn đóng góp đáng kể gây suy giảm chất lượng môi trường không khí. Ở nước ta, đại đa số các phương tiện giao thông vẫn sử dụng nhiên liệu chính là xăng, dầu diesel. Phương tiện giao thông cá nhân sử dụng nhiên liệu sạch còn rất ít. Theo thống kê, hoạt động giao thông vận tải là một trong những hoạt động tiêu thụ nhiên liệu lớn chiếm tới 55 % tổng lượng xăng dầu trong cả nước. Các chất gây ô nhiễm không khí chủ yếu sinh ra do khí thải từ quá trình đốt nhiên liệu động cơ bao gồm CO, NO_x, SO₂, hơi xăng dầu (C_xH_y, VOC_s), bụi mịn,... và TSP do đất cát cuốn bay lên từ mặt đường trong quá trình di chuyển. Theo Bộ Giao thông Vận tải, ngành giao thông vận tải đóng góp khoảng 22,6 % tổng lượng phát thải khí nhà kính theo phân ngành năng lượng, trong đó, xe máy chiếm tỷ trọng lớn trong sự phát thải các chất ô nhiễm CO, VOC, TSP, còn ô tô lại phát thải ra các khí ô nhiễm chính là SO₂, NO₂.

- *Các hoạt động sản xuất công nghiệp phát sinh lượng bụi, khí ô nhiễm lớn:* Nguồn phát sinh ô nhiễm này có tính đặc thù, phụ thuộc vào loại hình sản xuất, quy trình công nghệ, quy mô sản xuất và nhiên liệu sử dụng mà các hoạt động sản xuất công nghiệp khác nhau sẽ phát sinh khí thải với thành phần và nồng độ khác nhau. Thường các chất ô nhiễm phát sinh từ khu vực sản xuất và phân bố cục bộ quanh khu vực sản xuất, có nồng độ các chất độc hại cao. Quá trình khai thác và chế biến khoáng sản phát sinh chủ yếu bụi và khí thải với thành phần là bụi lơ lửng và các khí thải NO_x, SO₂ và CO. Quá trình chế biến khoáng sản còn phát sinh các mùi hóa chất độc hại ra môi trường chẳng hạn như mùi hóa chất từ quá trình tuyển đồng, sulfur, bismut và vonfram từ Công ty TNHH Khai thác, Chế biến khoáng sản Núi Pháo. Ngành khai thác, chế biến than thường tập trung ở khu vực phía Bắc với đặc trưng phát thải các loại bụi và SO₂, CO, CH₄,... Ngành sản xuất thép thì tập trung khu vực đồng bằng Sông Hồng và Đông Nam Bộ, với thành phần khí thải gồm bụi, gỉ sắt chứa các ôxít kim loại,... Ngành sản xuất vật liệu xây dựng phát sinh chủ yếu bụi, CO, SO₂ và H₂S. Nhìn chung, nguyên nhân ô nhiễm không khí chủ yếu từ các ngành nghề này là do công nghệ sản xuất chưa được cải tiến đáng kể, hiệu suất sử dụng năng lượng và tài nguyên chưa cao, đầu tư cho công tác bảo vệ môi trường của các doanh nghiệp chưa được

chú trọng và các chế tài quản lý đối với vấn đề ô nhiễm môi trường không khí chưa hiệu quả.

3.1.3. Ảnh hưởng của một số chất ô nhiễm không khí đối với con người và môi trường

Tất cả các chất làm ô nhiễm không khí ở mức độ nhiều hoặc ít đều ảnh hưởng xấu tới sức khỏe con người. Những chất này đi vào cơ thể con người chủ yếu qua hệ thống hô hấp. Các cơ quan hô hấp phải chịu ảnh hưởng trực tiếp từ các chất ô nhiễm, vì gần 50 % các hạt tạp chất với bán kính 0,01-0,1 μm xâm nhập vào phổi, lắng đọng tại đó. Khi các chất ô nhiễm này đã ở trong phổi rồi, chúng có thể gây nên hiệu ứng độc hoặc gây nhiều đối với một hoặc một số cơ chế làm sạch đường hô hấp hoặc làm vật mang chất độc do cơ thể hấp thụ, từ đó gây tắc nghẽn, hạn chế quá trình hô hấp hay tích tụ lâu dần tạo thành u, cục,... Con người sống trong môi trường bị ô nhiễm không khí sẽ nhanh bị lão hóa, suy giảm chức năng hô hấp, dễ bị các bệnh như: hen suyễn, ho, viêm mũi, viêm họng, viêm phế quản, viêm phổi, thậm chí gây ung thư phổi; suy nhược thần kinh, tim mạch và làm giảm tuổi thọ con người. Nguy hiểm nhất là có thể gây ra các bệnh ung thư.

Phân tích thống kê đã cho phép xác lập một cách khá tin cậy sự phụ thuộc giữa mức ô nhiễm không khí và những bệnh tổn thương các tuyến hô hấp trên, truy tim, viêm phế quản, hen, viêm phổi và các bệnh về mắt. Sự tăng mạnh nồng độ chất ô nhiễm trong vòng một vài ngày sẽ làm tăng tỉ lệ tử vong ở những người đứng tuổi do các bệnh đường hô hấp và tim mạch. Nhân loại đã chứng kiến nhiều thảm họa do ô nhiễm không khí mang lại. Năm 1852, ở London, 268 người đã bị tử vong bất ngờ và hơn 4.000 người dân nội thành London khác đã phải nhập viện do các bệnh đường hô hấp sau khi có đợt bụi khói mạnh từ các nhà máy trong thành phố kết hợp với sương mù trong thời gian 3 ngày từ 5-8/12/1852; Vào 01/1956, gần 1.000 người London chết rất nhanh sau khi bị viêm phế quản, viêm phổi hay các bệnh tim mạch do một vụ bụi khói kéo dài. 12/1930, ở thung lũng sông Maas nước Bỉ, người ta ghi nhận một đợt ô nhiễm không khí mạnh trong ba ngày liền khiến hàng trăm người đã bị bệnh và 60 người chết. Vào 01/1931, ở vùng Manchester nước Anh, 9

ngày liên quan sát thấy không khí nhiễm bụi mịn và là nguyên nhân tử vong của 592 người.

Theo báo cáo từ Tổ chức Y tế Thế giới (WHO) cho biết ô nhiễm môi trường đã tước đi sinh mạng của hơn 6,1 triệu người mỗi năm, trong đó hơn 1,7 triệu nạn nhân là trẻ em dưới 5 tuổi. Theo đó, ô nhiễm môi trường không khí là nguyên nhân gây tử vong cao thứ tư thế giới, chỉ đứng sau cao huyết áp, suy dinh dưỡng và hút thuốc lá.

Ngoài ra, các chất gây ô nhiễm không khí chính CO₂, CH₄, NO_x,... gây nên hiện tượng hiệu ứng nhà kính - thủ phạm của lắng đọng và mưa axit, gây hủy hoại các hệ sinh thái, đẩy nhanh biến đổi khí hậu, làm giảm tính bền vững của các công trình xây dựng và các dạng vật liệu.

3.1.3.1. Khí CO

Do CO là một chất khí hoạt tính cao, dễ liên kết với hồng cầu tạo thành carboxyhemoglobin, làm mất khả năng vận chuyển ôxy của hồng cầu nên nếu nồng độ CO vượt trên nồng độ tới hạn cho phép sẽ dẫn tới những biến đổi sinh lý trong cơ thể người. Mức độ tác động của ôxít carbon tới cơ thể phụ thuộc không chỉ vào nồng độ của nó, mà cả vào thời gian con người tiếp xúc với không khí nhiễm CO. Nếu tiếp xúc với CO trong 50-60 phút ở nồng độ bằng 10-50 ppm - nồng độ trong khí quyển ở các quảng trường và đường phố của các thành phố lớn, sẽ bị suy giảm thị lực, suy giảm khả năng đánh giá độ dài các khoảng thời gian. Sự rối loạn thở, co giật, mất trí nhớ được quan sát thấy với nồng độ CO bằng 200 ppm và thời gian tiếp xúc 1-2 giờ trong điều kiện công việc nặng. Ở nồng độ cao hơn 750 ppm sẽ dẫn đến các cơn đau đầu, buồn ngủ, co giật, hư hại chức năng thở và tử vong. Rất may là sự tạo thành carboxyhemoglobin trong máu là quá trình thuận nghịch: khi ngừng hít thở CO thì carboxyhemoglobin bắt đầu dần dần thoát ra khỏi máu; ở người khỏe mạnh hàm lượng CO trong máu cứ sau 3-4 giờ giảm đi hai lần. CO là chất rất bền vững, thời gian tồn tại của nó trong khí quyển khoảng từ 2-4 tháng. Tuy nhiên, có một số loại nấm trong đất rất tích cực phân hủy CO làm giảm đi đáng kể nguồn CO trong môi trường.

3.1.3.2. Khí SO_2

Khí dioxide lưu huỳnh SO_2 bị xem là một mối nguy hại đáng kể đối với môi trường. SO_2 phát sinh khi đốt mọi thứ nguyên liệu hàng ngày than đá, khí, gỗ và các chất hữu cơ khác như phân khô, rơm rác,... SO_2 cũng có mặt trong khói thuốc lá, khí thải của các nhà máy, hệ thống lò sưởi, phương tiện giao thông,... SO_2 là chất khí không màu và không cháy, thường kết hợp với các hạt bay lơ lửng, gây ô nhiễm bầu không khí và là một trong những chất gây ra mưa axit làm ăn mòn công trình, phá hoại cây cối,... Với nồng độ trong không khí 0,3-1 ppm con người hít thở phải bắt đầu cảm thấy mùi của nó, còn với nồng độ cao hơn 3 ppm, SO_2 có mùi gắt khó chịu. Khi nồng độ SO_2 đạt đến 5 ppm thì các hội chứng bệnh lý ở người tiếp xúc bắt đầu xuất hiện. Loại khí này gây khó thở, nóng rát trong mũi và cổ họng,... là nguyên nhân của bệnh viêm phổi, viêm đường hô hấp, viêm mắt. SO_2 có thể kết hợp với các hạt nước nhỏ để tạo thành các hạt axit H_2SO_4 nhỏ li ti, xâm nhập qua phổi vào hệ thống bạch huyết. Trong máu, SO_2 tham gia nhiều phản ứng hoá học để làm giảm dự trữ kiềm trong máu gây rối loạn chuyển hoá đường và protein, gây thiếu vitamin B và C, tạo ra methemoglobin để chuyển Fe^{2+} hoà tan thành Fe^{3+} kết tủa gây tắc nghẽn mạch máu cũng như làm giảm khả năng vận chuyển ôxy của hồng cầu.

3.1.3.3. Khí NO_x

Ôxít nitơ có nhiều dạng, do nitơ có 5 hoá trị từ 1 đến 5. Dạng ôxít của nitơ cũng có nhiều dạng hoá trị khác nhau hay đi cùng nhau được gọi chung là NO_x . Khí NO_x xuất hiện trong quá trình đốt cháy nguyên liệu trong các động cơ đốt trong (khí xả của phương tiện giao thông,...), trong công nghiệp sản xuất axit HNO_3 , quá trình hàn điện và quá trình phân huỷ nhựa celluloid. Như vậy, các tuyến đường giao thông đông phương tiện là nguồn phát thải chính NO_x ô nhiễm.

* Tác động độc hại NO_2 lên cơ thể người và động vật: Trong số các ôxít của nitơ, NO_2 có độc tính cao nhất. Về cảm quan có thể nhận biết mùi NO_2 ở 0,1 ppm. Chỉ tiếp xúc trong vài phút với không khí có NO_2 ở nồng độ 5 ppm đã có thể gây ảnh hưởng xấu đến phổi; ở nồng độ

NO_2 khoảng 15-50 ppm ngoài mùi rất mạnh còn gây kích ứng mắt, gây nguy hiểm cho phổi, tim, gan; ở nồng độ 150 ppm kích ứng cục bộ nhất là đường hô hấp; nồng độ NO_2 trong không khí 1 % có thể gây tử vong trong vài phút. Mối nguy hiểm của NO_2 là sau giai đoạn kích ứng sơ bộ người ta cảm thấy bình phục trở lại nhưng sau đó 3 giờ đến 8 giờ xảy ra phù phổi, người nhiễm độc khỏi được hoặc chết là tùy theo sự can thiệp lúc bị nhiễm độc. Đối với các mô phổi, NO_2 là một **anhydric acid**. Nó tác dụng với hơi nước của không khí ẩm chứa trong các vùng bên dưới da của bộ máy hô hấp, tác hại trên bề mặt phổi và gây các tổn thương ở bề mặt phổi.

NO_2 kết hợp với hemoglobin (Hb) tạo thành methemoglobin (MetHb) làm cho Hb không vận chuyển được O_2 để cung cấp cho tế bào, gây ngạt cho cơ thể. Nồng độ MetHb cao trong máu biểu hiện bằng tím tái, ngay khi MetHb chiếm từ 10 đến 15 trong tổng số Hb, nạn nhân bị xanh tái đặc biệt.

* Tác động độc hại của NO lên cơ thể người: NO tác dụng với hồng cầu trong máu, làm giảm khả năng vận chuyển ôxy, gây ra bệnh thiếu máu. NO ở hàm lượng thấp khó bị ôxy hóa thành NO_2 nhưng ở hàm lượng cao dễ bị ôxy hóa thành NO_2 nhờ ôxy không khí. NO ở nồng độ cao cũng làm suy yếu chức năng của phổi, đặc biệt là gây ra bệnh hen.

3.1.3.4. PAN

Các ôxít nitơ, trước hết là dioxide nitơ NO_2 , dưới sự xúc tác của bức xạ mặt trời cực tím, liên kết với các hydro carbua tạo thành peroxyacetyl nitrat (PAN- $\text{C}_2\text{H}_3\text{NO}_5$) và các chất ôxy hóa quang hóa khác, trong đó có peroxy benzoyl nitrat (PBN- $\text{C}_7\text{H}_5\text{NO}_5$), ôzôn (O_3), H_2O_2 .

PAN rất độc, gây cay, đau nhói mắt, đau đầu, mệt mỏi với hàm lượng thấp. Ở hàm lượng cao gây xuất huyết, phù nề, khô cổ họng, già hóa đường phổi, hẹp đường khí. Hiệu ứng sinh hóa của PAN xuất hiện chủ yếu do kết quả của sự phát sinh gốc tự do. Nhóm hydrosulfur -S H trên enzym bị tổn hại do sự tấn công của các tác nhân ôxy hóa này. Sự có mặt của dioxide nitơ và kali iodi trong thành phần của PAN làm cho khói mù có sắc nâu. Khi ngưng kết, PAN rơi xuống mặt đất dưới dạng

lớp màng lỏng có tác động hủy diệt đối với thảm thực vật.

3.1.3.5. Các hợp chất hữu cơ dễ bay hơi (VOCs)

Các hợp chất hữu cơ dễ bay hơi (VOCs) là các chất khí có gốc carbon hữu cơ, bay hơi rất nhanh. Khi VOCs bay trong không khí thì chúng sẽ liên kết lại với nhau hoặc kết hợp với phân tử khác để tạo ra hợp chất mới. VOCs có nguồn gốc từ tự nhiên và nhân tạo, nhưng cụm từ này lại thường được dùng để chỉ hỗn hợp các chất hữu cơ độc hại trong không khí phát sinh từ các sản phẩm công nghiệp như các loại dung môi toluen - $C_6H_5CH_3$, xylene - $C_6H_4(CH_3)_2$, dung môi dichlorobenzene, dung môi ethyphenol, formaldehyde, xăng thơm, sơn tường, keo dán, mực in trên giấy dán tường - vải dán tường,... Các nguồn sản sinh VOCs khác bao gồm việc đốt cháy nhiên liệu chẳng hạn như khí đốt, củi gỗ, dầu lửa,... VOC cũng có thể có từ các sản phẩm hóa mỹ phẩm như dầu thơm, keo xịt tóc, đồ dùng lau chùi, chất dịch dùng trong việc giặt tẩy khô, sơn, sơn mài, vecni,... VOCs có thể tỏa ra từ các sản phẩm với nồng độ cao lúc mới được sử dụng và có khuynh hướng giảm bớt khi sản phẩm trở nên cũ dần.

VOCs gây hại cho sức khỏe con người rất đa dạng, nặng nề, lâu dài và khó chữa trị. Ở nồng độ thấp, có thể gây kích ứng mắt, mũi, họng, có khả năng gây chảy nước mắt, hắt hơi, ho. Ở nồng độ cao, VOCs gây buồn nôn, khó thở, thậm chí gây sốt cao. Chúng có thể gây hại đối với hệ thần kinh trung ương, làm giảm trí nhớ, giảm khả năng nhận thức, giảm khả năng phối hợp hành động giữa mắt và tay, mắt và chân, giảm khả năng giữ thăng bằng; Đối với tâm lý có thể gây trầm cảm, dễ cáu gắt, mệt mỏi; Đối với hệ thần kinh ngoại vi có thể làm run tay chân, mỏi tay chân, động tác vụng về. Về sinh lý, VOCs làm giảm chức năng gan thận, gây hiếm muộn, gây dị tật cho bào thai, tăng nguy cơ mắc bệnh tim, hư hại về máu huyết, gây rối loạn nội tiết tố, giảm hoóc môn; Nguy hiểm hơn, VOCs có thể gây ung thư ở người và đã được chứng minh gây ung thư ở thú vật. Các ảnh hưởng sức khỏe gây nên bởi VOCs tùy thuộc vào mức đậm đặc và thời gian tiếp xúc với hóa chất. Khi hàm lượng VOCs cao sẽ làm gia tăng người mắc bệnh hen suyễn và sung phổi mãn tính, nhất là đối với người già và trẻ em.

3.2. Công nghệ sinh học xử lý khí thải

Bên cạnh một số phương pháp xử lý khí thải thông thường như: hấp thụ, hấp phụ, chưng cất, ngưng tụ, đốt, ôxy hoá (có hoặc không xúc tác), các phương pháp sinh học bao gồm lọc sinh học, lọc sinh học nhỏ giọt,... đã được nghiên cứu và dần được áp dụng. Các phương pháp trên hoạt động ổn định, hiệu quả xử lý cao, chi phí đầu tư và vận hành thấp.

Xử lý khí thải bằng phương pháp sinh học là biện pháp xử lý ô nhiễm tương đối mới. Đây là một **phương pháp hấp dẫn** để xử lý các chất khí có mùi hôi và các hợp chất hữu cơ bay hơi có nồng độ thấp. Công nghệ sinh học đã được đưa vào áp dụng rộng rãi để xử lý các chất thải nhằm bảo vệ môi trường sinh thái tránh khỏi các chất thải độc hại của các xí nghiệp công nghiệp. Trước kia chỉ là nước thải công nghiệp, còn trong những năm gần đây sử dụng công nghệ sinh học để loại bỏ khí thải công nghiệp đang rất được ưa chuộng. Trong thiên nhiên, tồn tại các vi sinh vật có hệ enzym có khả năng thủy giải các chất độc tố rất khác nhau rồi đồng hóa các sản phẩm tạo ra như là cơ chất của sự trao đổi kết cấu và năng lượng.

Phương pháp vi sinh vật làm sạch không khí khác với các phương pháp làm sạch hoá học và lý học bởi khả năng tiến hành của quá trình này ở nhiệt độ bình thường và dưới áp suất khí quyển. Không khí cần làm sạch được đưa vào bằng quạt gió. Người ta thường sử dụng phân ủ, than bùn và các chất có nguồn gốc tự nhiên tương tự để làm vật liệu cho lớp lọc. Bản thân các vật liệu nói trên có chứa những khoáng chất cần thiết để nuôi dưỡng vi khuẩn. Thường người ta sử dụng quần thể vi sinh hỗn hợp. Ví dụ như “bùn hoạt tính” chẳng hạn để làm sạch khí thải của các xí nghiệp hóa chất.

Những yêu cầu chủ yếu đối với các thiết bị sinh học làm sạch không khí là: đơn giản trong vận hành, hiệu quả làm sạch, cũng như năng suất hoạt động riêng cao và độ can trở khí động học thấp.

1.2.1. Lịch sử phát triển và tình hình sử dụng công nghệ sinh học xử lý khí thải trên thế giới và Việt Nam

3.2.1.1. Lịch sử của công nghệ sinh học xử lý khí thải

Công nghệ sinh học xử lý khí thải đã được sử dụng thành công do mang lại những hiệu quả tích cực từ hàng trăm năm trước ở nhiều nước châu Âu và Nhật Bản. Từ năm 1923, các chất khí có mùi hôi từ các hệ thống xử lý nước thải, các nhà máy tái chế, ủ phân compost đã được xử lý bằng các hệ thống lọc sinh học đơn sơ đầu tiên ở Đức, Hà Lan. Từ năm 1950, các hệ thống lọc sinh học dần được nghiên cứu, cải tiến và sử dụng rộng rãi để xử lý các chất khí ô nhiễm ở Đức và Mỹ. Lúc này người ta thường sử dụng hệ thống lọc qua đất, hay bể lọc sinh học nhỏ giọt. Các chất khí có mùi hôi thường là hydrogen sulfite hay mercaptant và các hợp chất sulfur khác. Từ năm 1980, người ta bắt đầu đưa các hệ thống lọc sinh học vào sử dụng để xử lý các chất khí độc và các hợp chất hữu cơ bay hơi của các ngành công nghiệp. Việc xử lý các chất hữu cơ bay hơi mới được áp dụng gần đây và trở nên phổ biến trong thập kỷ vừa qua. Nhiều nghiên cứu đã chứng minh được là các hệ thống lọc sinh học có thể dùng để xử lý các hợp chất hữu cơ có nhân thơm và các hợp chất béo, cồn, aldehyde, axit hữu cơ, acrylate, axit carbolic, amoniac.

3.2.1.2. Tình hình sử dụng hệ thống xử lý khí ô nhiễm bằng phương pháp sinh học

Đã có rất nhiều hệ thống lọc sinh học sử dụng phân compost làm nguyên liệu lọc đã được lắp đặt theo kiểu thương mại ở nhiều nước trên thế giới trong những năm gần đây. Việc sử dụng hệ thống lọc sinh học xử lý các chất hữu cơ bay hơi đã được áp dụng trong các ngành công nghiệp dầu khí, hóa chất và hóa dầu, nhựa tổng hợp, sản xuất sơn và mực in, dược phẩm; Ngoài ra, còn dùng để xử lý các khí thải phát sinh trong quá trình xử lý nước thải, xử lý khí ô nhiễm trong đất và nước ngầm.

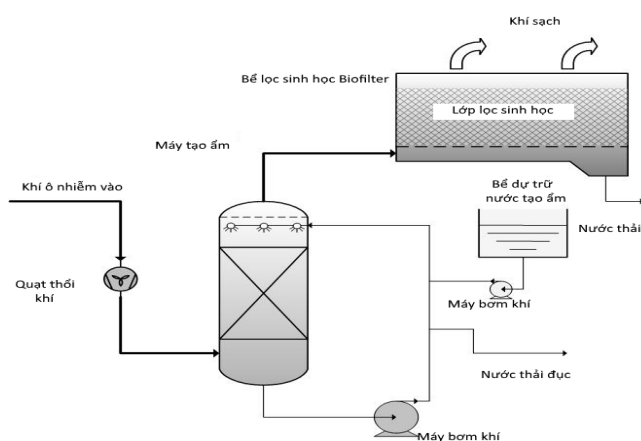
Việc sử dụng hệ thống lọc sinh học để xử lý mùi, cũng đã áp dụng trong các ngành công nghiệp xử lý khí thải thoát ra từ các nhà máy xử lý nước thải và nhà máy tái chế kim loại, giấy, nhà máy sản xuất gelatin và keo dán, chế biến thịt và nông sản, các nhà máy sản xuất thuốc lá, cacao, đường, các cơ sở sản xuất gia vị, mùi nhân tạo.

3.2.2. Xử lý khí thải bằng bể lọc sinh học biofilter

Công nghệ lọc sinh học là một biện pháp xử lý ô nhiễm khí thải có

chi phí đầu tư thấp, vận hành rẻ và thân thiện môi trường, thích hợp để xử lý các chất khí có mùi hôi H_2S , NH_3 , các hợp chất hữu cơ bay hơi có nồng độ thấp, mùi hôi có trong khí thải các nhà máy sản xuất thức ăn gia súc, tinh bột sắn, sản xuất cồn, xử lý mùi trong hệ thống xử lý nước thải chăn nuôi và trong chuồng trại chăn nuôi,... Hệ thống bao gồm một buồng kín có chứa các vi sinh vật và các nguyên liệu lọc, là môi trường để các chất khí có mùi hôi và các chất hữu cơ độc hại đi qua và được làm sạch.

3.2.2.1. Cơ chế của quá trình lọc sinh học



Hình 3.1. Hệ thống bể lọc sinh học Biofilter

Cơ chế của quá trình lọc sinh học bao gồm quá trình hấp phụ, hấp thụ và phân hủy các chất khí ô nhiễm bởi các vi sinh vật. Lớp nguyên liệu lọc ẩm tạo nên điều kiện lý học và hóa học thuận lợi cho việc chuyển đổi các chất ô nhiễm từ pha khí sang pha lỏng và quá trình phân hủy sinh học các chất ô nhiễm này bởi màng sinh học. Các vi sinh vật trong màng sinh học liên tục hấp thụ các chất ô nhiễm để tăng trưởng sinh khối và chuyển hóa chúng thành các sản phẩm cuối cùng là nước, CO_2 . Quá trình được thể hiện bằng phương trình:



Nguyên tắc chính của hệ thống xử lý là tạo điều kiện cho VSV tiếp xúc với các chất ô nhiễm trong khí thải càng nhiều càng tốt. Khí thải sau khi đã lọc sạch được phóng thích vào khí quyển từ bên trên của hệ thống lọc. Hình 3.1. mô tả một hệ thống bể lọc sinh học Biofilter.

3.2.2.2. Các yếu tố ảnh hưởng

* Nguyên liệu của quá trình lọc sinh học

Để quá trình lọc sinh học được hiệu quả, yêu cầu đầu tiên là lớp nguyên liệu lọc phải có khả năng giữ ẩm để tạo lớp màng sinh học ổn định, có diện tích bề mặt lớn tạo điều kiện cho quá trình hấp thụ và phát triển của vi sinh vật, có chứa các dưỡng chất để cung cấp cho các vi sinh vật. Nguyên liệu lọc cũng không tạo lực cản không khí lớn để tránh làm giảm mức độ sụt áp và tổn năng lượng cần sử dụng cho máy bơm. Ngoài ra, các nguyên liệu lọc cũng phải thoả mãn một số tính chất lý học khác như độ ổn định lý học và dễ dàng thao tác. Nguyên liệu lọc điển hình là hỗn hợp các chất nền ủ phân compost, đất, plastic và các phụ phẩm gỗ. Các nguyên liệu lọc nhằm cung cấp diện tích bề mặt lớn để hấp thụ và hấp phụ các chất ô nhiễm. Ngoài ra, nó còn làm nhiệm vụ cung cấp chất dinh dưỡng cho các vi sinh vật. Một vài loại nguyên liệu lọc không đáp ứng được về nhu cầu dưỡng chất cho vi sinh vật, do đó chúng ta phải hiệu chỉnh bằng cách cho thêm vào các hợp chất đạm và phospho.

* Thành phần hóa học và hàm lượng của chất ô nhiễm trong khí thải

Thành phần hóa học và hàm lượng của nó trong khí thải là yếu tố cần thiết để xác định xem biện pháp lọc sinh học có thích hợp hay không. Các hệ thống lọc sinh học hoạt động tốt khi các hợp chất ô nhiễm (không hoà tan trong nước) có nồng độ thấp (< 1.000 ppm).

* Thời gian lưu trú

Thời gian lưu trú là khoảng thời gian VSV tiếp xúc với luồng khí thải. Thời gian lưu trú càng dài sẽ cho hiệu suất xử lý càng cao. Tuy nhiên, trong quá trình thiết kế chúng ta cần phải giảm thiểu thời gian lưu trú để hệ thống có thể xử lý một lưu lượng lớn hơn. Thông thường, thời gian lưu trú của các hệ thống lọc sinh học biến động trong khoảng 30 giây đến 1 phút.

* Độ ẩm

Độ ẩm của luồng khí thải cần phải xử lý rất quan trọng vì nó giữ ẩm độ cần thiết cho các màng sinh học. Do đó, luồng khí thải thường

được bơm qua một hệ thống làm ẩm trước khi bơm vào hệ thống lọc sinh học để đảm bảo ẩm độ của luồng khí thải đi vào hệ thống lọc sinh học phải lớn hơn 95 %.

** Độ pH*

Các sản phẩm phụ của quá trình phân hủy sinh học là các axit hữu cơ. Để duy trì pH của hệ thống nằm trong khoảng thích hợp cho các vi sinh vật hoạt động từ 5,5-7,0, các dung dịch đệm pH cần được bổ sung.

3.2.2.3. Ưu và nhược điểm của hệ thống lọc sinh học

** Ưu điểm*

Ưu điểm chính của các hệ thống xử lý khí thải bằng phương pháp lọc sinh học là giá thành thấp, giá vận hành thấp, ít sử dụng hóa chất, có thiết kế linh động, do đó có thể thích nghi với mọi loại hình công nghiệp và diện tích của xí nghiệp. Hệ thống lọc sinh học linh động trong việc xử lý mùi hôi, các hợp chất hữu cơ bay hơi và các chất độc. Hiệu suất xử lý thường lớn hơn 90 % đối với các khí thải có nồng độ các chất ô nhiễm < 1.000 ppm.

** Nhược điểm*

Hệ thống lọc sinh học không thể xử lý được các chất ô nhiễm có khả năng hấp phụ thấp và tốc độ phân hủy sinh học chậm ví dụ như các hợp chất hữu cơ bay hơi có chứa clo. Các nguồn ô nhiễm có nồng độ chất ô nhiễm cao cần các hệ thống lớn và tốn diện tích để lắp đặt hệ thống. Hệ thống cũng nhạy cảm và trở nên vô hiệu với các nguồn gây ô nhiễm có mức độ biến động cao của chất ô nhiễm. Thời gian để cho các vi sinh vật thích nghi với môi trường và tạo thành các màng sinh học có thể kéo dài hàng tuần đến hàng tháng, đặc biệt là đối với việc xử lý các chất hữu cơ bay hơi.

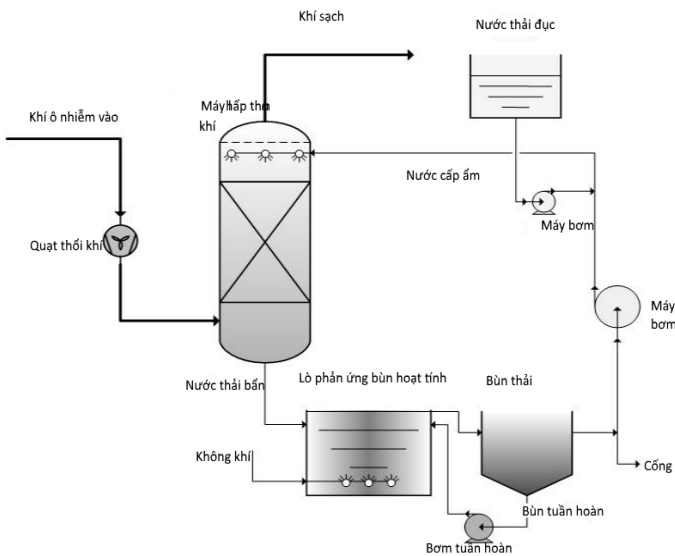
3.2.3. Xử lý khí thải bằng máy lọc sinh học Bioscrubber

Hệ thống máy lọc sinh học Bioscrubber dùng để xử lý các chất hữu cơ dễ bay hơi như methanol, ethanol, butanol, glycol, diglycol, aldehyd và ketons, formaldehyd, acetaldehyd, acetone, methylisobutylketon, methylethylketone, axit carboxyl và các este của

chúng, axit propanic, acetate, **metylmetyacryat**, phenol, thành phần lưu huỳnh và nitơ dị vòng, mercaptans, clorophenol, H_2S , naphthalene, thioethers.

3.2.3.1. Cơ chế của quá trình

Một hệ thống xử lý khí thải bằng bioscrubber có thể được thiết lập như một hệ thống bùn hoạt động hoặc hệ thống màng sinh học, thường gồm hai thành phần chính là một máy hấp thụ khí và một lò phản ứng sinh học. Bên trong bioscrubber các chất độc và ôxy di chuyển vào nước, do đó khí thoát ra khỏi bioscrubber sẽ ở dạng được làm sạch, còn nước thì ở trạng thái nhiễm bẩn. Khi hệ thống được khởi động, bùn hoạt tính được bơm theo dòng nước vào bể hấp thụ khí và lò phản ứng sinh học. Trong máy hấp thụ khí và lò phản ứng sinh học, các thành phần chất ô nhiễm cần loại bỏ từ dòng khí vào được hấp thụ bởi dòng nước và bị phân hủy, chuyển hóa bởi các vi sinh vật thành H_2O và CO_2 . Các khí H_2S và NH_3 được chuyển hóa thành SO_4^{2-} và NO_3^- . Các hydrocarbon không bị phân hủy còn lại trong dòng nước. Nước sau quá trình được tuần hoàn đến máy hấp thụ khí, nơi nó có thể tái hấp thụ các chất ô nhiễm. Hình 3.2. mô tả một hệ thống máy lọc sinh học bioscrubber.



Hình 3.2. Hệ thống máy lọc sinh học Bioscrubber

3.2.3.2. Các yếu tố ảnh hưởng

- Thời gian lưu nước trong bể hấp thụ khí: Nước hấp thụ khí chỉ nên lưu giữ tối đa 20-40 ngày để hàm lượng muối và hydrocarbon không phân hủy không quá cao, ảnh hưởng đến đời sống các VSV.

- Thiết kế máy hấp thụ khí: Máy hấp thụ khí phải được thiết kế để đảm bảo rằng thời gian lưu trú của khí trong máy hấp thụ khí lên tới khoảng 1 giây. Điều này có thể nhiều hơn hoặc ít hơn một chút, tùy thuộc vào độ hòa tan của các thành phần. Máy hấp thụ khí phải có bao bì mở đặc biệt và vòi phun đặc biệt để xử lý khi cần thiết nhằm ngăn chặn quá trình bị tắc nghẽn.

- Các chất dinh dưỡng: Bên cạnh nguồn carbon được cấp từ các hydrocarbon, hệ thống máy lọc sinh học cũng cần bổ sung thêm các chất dinh dưỡng chứa nitơ, phospho và các nguyên tố vi lượng cho VSV sinh trưởng và phát triển.

- Bên cạnh các yếu tố nói trên, hệ thống chỉ hoạt động tốt ở điều kiện:

- + Nhiệt độ: 15-40 °C, tối ưu 30-35 °C;
- + Áp suất khí quyển;
- + Hàm lượng VOC trong khoảng 100-1.000 mg/m³;
- + Hàm lượng **ammoniac** trong khoảng 50-200 mg/m³.

3.2.3.3. Ưu và nhược điểm của hệ thống

* Ưu điểm của hệ thống

- Hệ thống có hiệu suất xử lý cao, loại bỏ được 80-90 % VOC, 70-80 % mùi hôi, 80-95 % **ammoniac**.

- Hệ thống có thể xử lý được các thành phần dễ phân hủy sinh học ở nồng độ cao.

- Có thể loại bỏ nồng độ axit cao lưu huỳnh, nitơ và clo.

- Do lượng nước lớn, lượng khí thải cực đại được xử lý tốt hơn so với biofilter.

** Nhược điểm của hệ thống*

- Hệ thống chỉ hiệu quả khi các luồng khí thải được ổn định về thành phần và tải trọng; hiệu suất sẽ giảm nếu có biến động.

- Chủ yếu phù hợp với việc xử lý các chất ô nhiễm hòa tan và dễ phân hủy sinh học.

- Hệ thống tạo nên lượng bùn đáng kể, phát sinh chi phí xử lý bùn.

- Khi xả nước phát sinh thêm chi phí xử lý nước.

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP CHƯƠNG 3

1. Tình trạng ô nhiễm không khí hiện nay trên thế giới? Làm thế nào để giảm thiểu tình trạng này?
2. Tình trạng ô nhiễm không khí hiện nay ở Việt Nam? Các nguyên nhân chính gây nên tình trạng này là gì?
3. Dân số tăng nhanh gây ảnh hưởng đến môi trường không khí ra sao?
4. Khí thải giao thông bao gồm những thành phần nào? Tác hại của những thành phần ô nhiễm đó với sức khỏe con người và môi trường?
5. Các hoạt động xây dựng gây nên ô nhiễm không khí ra sao? Các biện pháp giảm thiểu ô nhiễm không khí do các hoạt động xây dựng đã thỏa đáng chưa?
6. Tại sao phải xử lý khí thải? Cơ sở sinh học của phương pháp xử lý khí thải bằng phương pháp sinh học?
7. Nêu quy trình xử lý, ưu nhược điểm của xử lý khí thải bằng hệ thống máy lọc sinh học Bioscrubber?
8. Nêu quy trình xử lý, ưu nhược điểm của xử lý khí thải bằng hệ thống bể lọc sinh học Biofilter?

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tài liệu tiếng Việt

1. Hoàng Dương Tùng, 2014. *Hiện trạng môi trường không khí ở Việt Nam*. Tạp chí Môi trường, số 9/2014.
2. Lê Gia Hy, 2010. *Cơ sở Công nghệ vi sinh vật học và Ứng dụng*. Nhà xuất bản Giáo dục Việt Nam.
3. Lê Xuân Phương, 2003. *Các quá trình sinh học trong công nghệ môi trường*. Nhà xuất bản Xây dựng Hà Nội.
4. Lều Thọ Bách, 2000. *Xử lý nước thải chi phí thấp*. Nhà xuất bản Xây dựng.
5. Nguyễn Lâm Dũng, 2000. *Vi sinh vật học*. Nhà xuất bản Giáo dục.
6. Nguyễn Xuân Nguyên, Trần Quang Huy, 2004. *Công nghệ xử lý nước thải và chất thải rắn*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật Hà Nội.
7. Phạm Thị Trân Châu, 2000. *Hóa sinh học*. Nhà xuất bản Giáo dục.
8. Trần Đức Hạ, 2004. *Giáo trình các quá trình vi sinh trong các công trình cấp thoát nước*. Trường ĐH Xây dựng Hà Nội.
9. Trần Thị Thanh, 2001. *Công nghệ vi sinh*. Nhà xuất bản Giáo dục.
10. Trần Thị Cẩm Vân, 2003. *Giáo trình Vi sinh vật học môi trường*. Nhà xuất bản Giáo dục.
11. Trịnh Thị Thanh, 2003. *Độc học môi trường và Sức Khỏe con người*. Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Hà Nội.

Tài liệu tiếng Anh

12. Berthold Gunder, 1998. *The Membrane-Coupled Activated Sludge Process in Municipal Wastewater Treatment*. A Technomic Publishing Company.
13. George Tchobanoglous, 1993. *Integrated Solid Waste Management*, McGraw-Hill Publisher; First Edition edition (January 1, 1993).

14. Water Environment Federation, 2010. Design of Municipal Wastewater Treatment Plants. McGraw-Hill Publisher.
15. WHO, 2015. Báo động ô nhiễm không khí tại các đô thị trên toàn cầu.
16. Zarook Shareefdeen, Ajay Singh, 2005. Biotechnology for Odor and Air Pollution Control. Springer Science & Business Media.