

Xử lý nước thải bằng phương pháp sinh học

Mục đích của việc xử lý sinh học là nhằm loại bỏ các chất hữu cơ có khả năng phân hủy sinh học. Phương pháp này dựa trên sự hoạt động của các vi sinh vật có khả năng phân hủy các chất hữu cơ. Các vi sinh vật sử dụng các chất hữu cơ và một số chất khoáng làm nguồn dinh dưỡng và tạo năng lượng.

1. Các hệ thống xử lý nhân tạo bằng phương pháp sinh học

Xử lý theo phương pháp hiếu khí

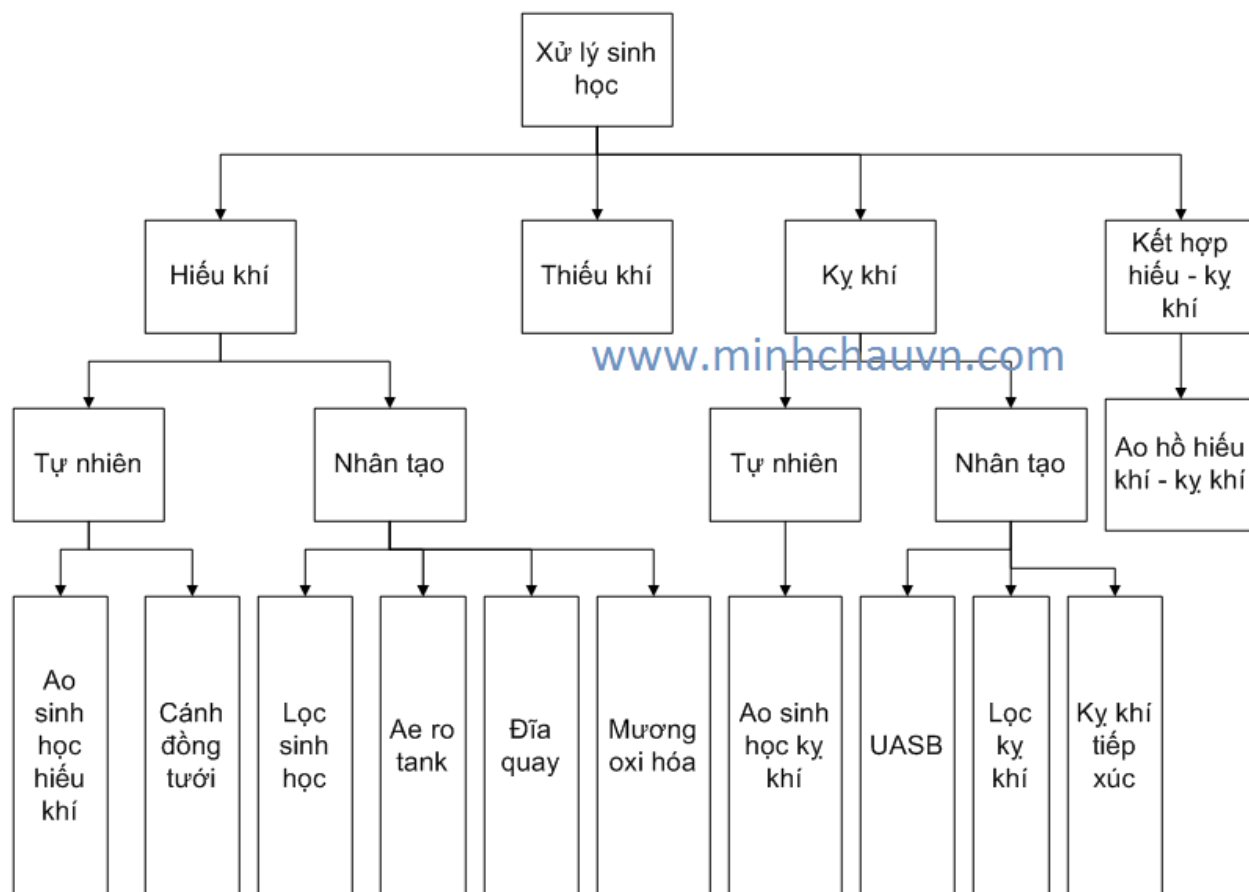
Xử lý nước thải theo phương pháp hiếu khí nhân tạo dựa trên nhu cầu oxy cần cung cấp cho vi sinh vật hiếu khí có trong nước thải hoạt động và phát triển. Các vi sinh vật hiếu khí sử dụng các chất hữu cơ, các nguồn N và P cùng với một số nguyên tố vi lượng khác làm nguồn dinh dưỡng để xây dựng tế bào mới, phát triển tăng sinh khối. Bên cạnh đó quá trình hô hấp nội bào cũng diễn ra song song, giải phóng CO_2 và nước, cả hai quá trình dinh dưỡng và hô hấp của vi sinh vật đều cần oxy. Để đáp ứng nhu cầu oxy hòa tan trong nước, người ta thường sử dụng hệ thống sục khí bề mặt bằng cách khuấy đảo hoặc bằng hệ thống khí nén.

Quá trình xử lý hiếu khí với vi sinh vật sinh trưởng dạng lơ lửng (bùn hoạt tính)

Quá trình này sử dụng bùn hoạt tính dạng lơ lửng để xử lý các chất hữu cơ hòa tan hoặc các chất hữu cơ dạng lơ lửng. Sau một thời gian thích nghi, các tế bào vi khuẩn bắt đầu tăng trưởng và phát triển. Các hạt lơ lửng trong nước thải được các tế bào vi sinh vật bám lên và phát triển thành các bông cặn có hoạt tính phân hủy các chất hữu cơ. Các hạt bông cặn dần dần lớn lên do được cung cấp oxy và hấp thụ các chất hữu cơ làm chất dinh dưỡng để sinh trưởng và phát triển.

Bùn hoạt tính là tập hợp các vi sinh vật khác nhau, chủ yếu là vi khuẩn, bên cạnh đó còn có nấm men, nấm mốc, xạ khuẩn, nguyên sinh động vật, giun, sán,... kết thành dạng bông với trung tâm là các hạt lơ lửng trong nước. Trong bùn hoạt tính ta thấy có loài Zoogealea trong khối nhầy.

Chúng có khả năng sinh ra một bao nhầy xung quanh tế bào, bao nhầy này là một polymer sinh học với thành phần là polysaccharide có tác dụng kết các tế bào vi khuẩn lại tạo thành bông.



Một số công trình hiếu khí phổ biến xây dựng trên cơ sở xử lý sinh học bằng bùn hoạt tính :

Bể aerotank thông thường:

Đòi hỏi chế độ dòng chảy nút (plug-flow), khi đó chiều dài bể rất lớn so với chiều rộng. Trong bể, nước thải vào có thể phân bố ở nhiều điểm theo chiều dài, bùn hoạt tính tuần hoàn đưa vào đầu bể. Tốc độ sục khí giảm dần theo chiều dài bể. Quá trình phân hủy nội bào xảy ra ở cuối bể.

Bể aerotank xáo trộn hoàn toàn:

Đòi hỏi chọn hình dạng bể, trang thiết bị sục khí thích hợp. Thiết bị sục khí cơ khí (motor và cánh khuấy) hoặc thiết bị khuếch tán khí thường được sử dụng. Bể này thường có dạng tròn hoặc vuông, hàm lượng bùn hoạt tính và nhu cầu oxy đồng nhất trong toàn bộ thể tích bể.

Bể aerotank mở rộng:

Hạn chế lượng bùn dư sinh ra, khi đó tốc độ sinh trưởng thấp, sản lượng bùn thấp và chất lượng nước ra cao hơn. Thời gian lưu bùn cao hơn so với các bể khác (20 -30 ngày)

Mương oxy hóa:

Là mương dẫn dạng vòng có sục khí để tạo dòng chảy trong mương có vận tốc đủ xáo trộn bùn hoạt tính. Vận tốc trong mương thường được thiết kế lớn hơn 3m/s để tránh lắng cặn. Mương oxy hóa có thể kết hợp quá trình xử lý N.

Bể hoạt động gián đoạn (SBR):

Bể hoạt động gián đoạn là hệ thống xử lý nước thải với bùn hoạt tính theo kiểu làm đầy và xả cạn. Quá trình xảy ra trong bể SBR tương tự như trong bể bùn hoạt tính hoạt động liên tục, chỉ có điều tất cả quá trình xảy ra trong cùng một bể và được thực hiện lần lượt theo các bước: (1) làm đầy, (2) phản ứng, (3) lắng, (4) xả cạn, (5) ngưng.

Quá trình xử lý hiếu khí với vi sinh vật sinh trưởng dạng dính bám:

Khi dòng nước thải đi qua những lớp vật liệu rắn làm giá đỡ, các vi sinh vật sẽ bám dính lên bề mặt. Trong số các vi sinh vật này có loài sinh ra các polysaccharide có tính chất như là một polymer sinh học có khả năng kết dính tạo thành màng. Màng này cứ dày thêm với sinh khối của vi sinh vật dính bám hay cố định trên màng. Màng được tạo thành từ hàng triệu đến hàng tỉ tế bào vi khuẩn, với mật độ vi sinh vật rất cao. Màng có khả năng oxy hóa các hợp chất hữu cơ, trong đó ít tiếp xúc với cơ chất và ít nhận được O₂ sẽ chuyển sang phân hủy kỵ khí, sản phẩm của biến đổi kỵ khí là các acid hữu cơ, các alcol,... Các chất này chưa kịp khuếch tán ra ngoài đã bị các vi sinh vật khác sử dụng. Kết quả là lớp sinh khối ngoài phát triển liên tục nhưng lớp bên trong lại bị phân hủy hấp thụ các chất bẩn lơ lửng có trong nước khi chảy qua hoặc tiếp xúc với màng.

b. Xử lý theo phương pháp kỵ khí

Quá trình xử lý kỵ khí với vi sinh vật sinh trưởng dạng lơ lửng

Bể xử lý bằng lớp bùn kỵ khí với dòng nước đi từ dưới lên (UASB)

– **về cấu trúc:** Bể UASB là một bể xử lý với lớp bùn dưới đáy, có hệ thống tách và thu khí, nước ra ở phía trên. Khi nước thải được phân phối từ phía dưới lên sẽ đi qua lớp bùn, các vi sinh vật kỵ khí có mật độ cao trong bùn sẽ phân hủy các chất hữu cơ có trong nước thải. Bên trong bể UASB có các tấm chắn có khả năng tách bùn bị lôi kéo theo nước đầu ra.

– **về đặc điểm:** Cả ba quá trình phân hủy – lắng bùn – tách khí được lắp đặt trong cùng một công trình. Sau khi hoạt động ổn định trong bể UASB hình thành loại bùn hạt có mật độ vi sinh rất cao, hoạt tính mạnh và tốc độ lắng vượt xa so với bùn hoạt tính hiếu khí dạng lơ lửng.

Bể phản ứng yếm khí tiếp xúc

Hỗn hợp bùn và nước thải được khuấy trộn hoàn toàn trong bể kín, sau đó được đưa sang bể lắng để tách riêng bùn và nước. Bùn tuần hoàn trở lại bể kỵ khí, lượng bùn dư thải bỏ thường rất ít do tốc độ sinh trưởng của vi sinh vật khá chậm. Bể phản ứng tiếp xúc thực sự là một bể biogas cải tiến với cánh khuấy tạo điều kiện cho vi sinh vật tiếp xúc với các chất ô nhiễm trong nước thải.

Quá trình xử lý kỵ khí với vi sinh vật sinh trưởng dạng dính bám

Bể lọc kỵ khí

Bể lọc kỵ khí là một bể chứa vật liệu tiếp xúc để xử lý chất hữu cơ chứa nhiều cacbon trong nước thải. Nước thải được dẫn vào bể từ dưới lên hoặc từ trên xuống, tiếp xúc với lớp vật liệu có các vi sinh vật kỵ khí sinh trưởng và phát triển.

Bể phản ứng có dòng nước đi qua lớp cặn lơ lửng và lọc tiếp qua lớp vật liệu lọc cố định:

Là dạng kết hợp giữa quá trình xử lý kỵ khí lơ lửng và dính bám.

2. Các hệ thống xử lý tự nhiên bằng phương pháp sinh học

Hồ sinh học

Người ta có thể ứng dụng các quy trình tự nhiên trong các ao, hồ để xử lý nước thải. Trong các hồ, hoạt động của vi sinh vật hiếu khí, kỵ khí, quá trình cộng sinh của vi khuẩn và tảo là các quá trình sinh học chủ đạo. Các quá trình lý học, hóa học bao gồm các hiện tượng pha loãng, lắng, hấp phụ, kết tủa, các phản ứng hóa học ... cũng diễn ra tại đây. Việc sử dụng ao hồ để xử lý nước thải có ưu điểm là ít tốn vốn đầu tư cho quá trình xây dựng, đơn giản trong vận hành và bảo trì. Tuy nhiên, do các cơ chế xử lý diễn ra với tốc độ tự nhiên (chậm) do đó đòi hỏi diện tích đất rất lớn. Hồ sinh học chỉ thích hợp với nước thải có mức độ ô nhiễm thấp. Hiệu quả xử lý phụ thuộc sự phát triển của vi khuẩn hiếu khí, kỵ khí, tùy nghi, cộng với sự phát triển của các loại vi nấm, rêu, tảo và một số loài động vật khác nhau.

Hệ hồ sinh học có thể phân loại như sau:

(1) Hồ hiếu khí (Aerobic Pond); (2) Hồ tùy nghi (Facultative Pond); (3) Hồ kỵ khí (Anaerobic Pond); (4) Hồ xử lý bổ sung.

Hồ hiếu khí (Aerobic Pond):

Hồ hiếu khí tự nhiên:

Oxy được cung cấp cho quá trình oxy hóa chất hữu cơ chủ yếu do sự khuếch tán không khí qua mặt nước và quá trình quang hợp của các thực vật nước (rong, tảo,...). Chiều sâu của hồ phải bé (thường lấy khoảng 30-40 cm) để đảm bảo cho điều kiện hiếu khí có thể duy trì tới đáy hồ.

Trong hồ, nước thải được xử lý bởi quá trình cộng sinh giữa tảo và vi khuẩn, các động vật bậc cao hơn như nguyên sinh động vật cũng xuất hiện trong hồ và nhiệm vụ của chúng là làm sạch nước thải (ăn các vi khuẩn). Các nhóm vi khuẩn, tảo hay nguyên sinh động vật hiện diện trong hồ tùy thuộc vào các yếu tố như lưu lượng nạp chất hữu cơ, khuấy trộn, pH, dưỡng chất, ánh sáng và nhiệt độ.

Hiệu suất chuyển hóa BOD5 của hồ rất cao, có thể lên đến 95%. Tuy nhiên, chỉ có BOD5 dạng hòa tan mới bị loại khỏi nước thải đầu vào, và trong nước thải đầu ra chứa nhiều tế bào tảo và vi khuẩn, do đó nếu phân tích tổng BOD5 có thể sẽ lớn hơn cả tổng BOD5 của nước thải đầu vào. Nhiều thông số không thể không chế được nên hiện nay người ta thường thiết kế theo lưu lượng nạp đạt từ các mô hình thử nghiệm. Việc điều chỉnh lưu lượng nạp phản ánh lượng oxy có thể đạt được từ quang hợp và trao đổi khí qua bề mặt tiếp xúc nước, không khí. Do độ sâu nhỏ, thời gian lưu nước dài nên diện tích của hồ lớn. Vì thế hồ chỉ thích hợp khi kết hợp việc xử lý nước thải với nuôi trồng thủy sản cho mục đích chăn nuôi và công nghiệp.

Hồ hiếu khí làm thoáng nhân tạo:

Nguồn oxy cung cấp cho quá trình sinh học từ các thiết bị như bơm khí nén hay máy khuấy cơ học. Vì được tiếp khí nhân tạo nên chiều sâu của hồ có thể từ 2 – 4,5 m. Sức chứa tiêu chuẩn khoảng 400 kg/(ha.ngày). Thời gian lưu nước trong hồ 1-3 ngày.

Hồ hiếu khí làm thoáng nhân tạo do có chiều sâu hồ lớn, mặt khác việc làm thoáng cũng khó đảm bảo toàn phần vì thế một phần lớn của hồ làm việc như hồ hiếu-kỵ khí, nghĩa là phần trên hiếu khí, phần dưới kỵ khí.

Hồ tùy nghi (Facultative Pond):

Việc xử lý nước thải tốt là do hoạt động của các vi sinh vật hiếu khí, kỵ khí và tùy nghi. Từ trên xuống đáy hồ có 3 khu vực chính.

Khu vực thứ nhất (hay là khu vực hiếu khí) được đặc trưng bởi hệ cộng sinh giữa vi khuẩn và tảo. Nguồn oxy được cung cấp bởi oxy khí trời thông qua quá trình trao đổi tự nhiên qua bề mặt hồ, và oxy được tạo ra qua quá trình quang hợp của tảo. Oxy được vi khuẩn sử dụng để phân hủy các chất hữu cơ tạo nên các dưỡng chất và CO₂, tảo sử dụng các sản phẩm này để quang hợp.

Khu vực trung gian (hay là khu vực kỵ khí không bắt buộc) đặc trưng bởi các hoạt động của các vi khuẩn kỵ khí không bắt buộc.

Khu vực thứ ba (hay là khu vực kỵ khí) đặc trưng bởi các hoạt động của các vi khuẩn kỵ khí phân hủy các chất hữu cơ lắng đọng dưới đáy bể.

Hồ kỵ khí (Anaerobic Pond):

Hồ kỵ khí được sử dụng để xử lý nước thải có hàm lượng chất rắn cao. Thông thường đây là một ao sâu (có thể đến 9,1 m) với các ống dẫn nước thải đầu vào và đầu ra được bố trí một cách hợp lý. Điều kiện kỵ khí được duy trì suốt chiều sâu của bể. Việc ổn định nước thải được tiến hành thông qua quá trình kết tủa, phân hủy kỵ khí của vi sinh vật. Hiệu quả khử BOD₅ thường ở mức 70% và có thể lên đến 85% khi các điều kiện môi trường đạt tối ưu.

Hồ xử lý bổ sung :

Có thể áp dụng sau quá trình xử lý sinh học (aerotank, bể lọc sinh học hoặc sau hồ sinh học hiếu khí, tùy nghi,...) để đạt chất lượng nước ra cao hơn, đồng thời thực hiện quá trình nitrat hóa. Do thiếu chất dinh dưỡng, vi sinh còn lại trong hồ này sống ở giai đoạn hô hấp nội bào và amoniac chuyển hóa thành nitrat. Thời gian lưu nước trong hồ này khoảng 18-20 ngày. Tải trọng thích hợp 67 – 200kg BOD₅/ha.ngày.

Cánh đồng tưới

Dẫn nước thải theo hệ thống mương đất trên cánh đồng tưới, dùng bơm và ống phân phối phun nước thải lên mặt đất. Một phần nước bốc hơi, phần còn lại thấm vào đất để tạo độ ẩm và cung cấp một phần chất dinh dưỡng cho cây cỏ sinh trưởng. Phương pháp này chỉ được dùng hạn chế ở những nơi có khối lượng nước thải nhỏ, vùng đất khô cằn xa khu dân cư, độ bốc hơi cao và đất luôn thiếu độ ẩm. Ở cánh đồng tưới không được trồng rau xanh và cây thực phẩm vì vi khuẩn, virus gây bệnh trong nước thải chưa được loại bỏ có thể gây tác hại cho sức khỏe của con người sử dụng các loại rau và thực phẩm này.