



Xử lý nước và xử lý nước thải

Bởi:

Ngô Tự Thành

Nước sạch là thiết yếu cho sự sống và các hoạt động của con người. Để có nước sạch ấy, cần phải xử lý nước và nước và nước thải. Trong cả hai trường hợp, việc xử lý nhằm loại bỏ các vi sinh vật, hóa chất và các chất gây ô nhiễm khác để bảo vệ sức khỏe con người.

Xử lý nước để uống

Trước hết cần nhấn mạnh rằng nước để uống (potable water) là nước được xem là an toàn để uống, chứ không có nghĩa là nước đó hoàn toàn không chứa vi sinh vật và hóa chất. Điều đó có nghĩa là số lượng vi sinh vật và hàm lượng hóa chất trong nước ấy là thấp đến mức không gây lo ngại cho sức khỏe con người. Từ đó chúng ta hiểu nước nào không phải là nước để uống chính là nước ô nhiễm, nghĩa là nó chứa nhiều vi sinh vật và hóa chất tới quá mức cho phép.

Mức cho phép về vi sinh vật và hóa chất trong một loại nước tùy thuộc vào mỗi quốc gia, và tất nhiên tùy thuộc vào việc nước đó có được dùng để uống hay không. Theo tiêu chuẩn của Cơ quan Bảo vệ môi trường của Mỹ (Environmental Protection Agency, EPA) thì chỉ số coliform của nước uống phải là 0, tức không được phép có một coliform nào trong 100ml nước, và chỉ số đó của nước dùng vào mục đích giải trí là 200 coliform/ml. Ở đây cần nhắc lại rằng các coliform là những vi khuẩn đường ruột như *E. coli* chẳng hạn. Sự có mặt của các coliform trong nước chứng tỏ rằng nước đó đã bị nhiễm phân và như vậy rất có thể nó cũng nhiễm các vi sinh vật gây bệnh.

Việc xử lý nước để uống có thể gồm ba giai đoạn (hình 26.8).

Lắng đọng

Trong giai đoạn này, nước được bơm vào các bể chứa, tại đó các vật chất dạng hạt (cát, sỏi, và chất hữu cơ) lắng xuống. Nước đã được làm trong một phần này sau đó được bơm sang bể thứ hai để làm kết tụ (flocculation). [...] Nước trong ở trên phần lắng đọng sẽ được bơm sang một bể khác để lọc.

Lọc

Thủ tục lọc có thể làm giảm tới 90% số vi sinh vật có trong nước, trong vòng vài ngày. Trong một phương pháp lọc người ta dùng cát và các vật liệu khác để vi sinh vật bám vào đó và tạo thành các biofilm, những màng này giữ lại và loại bỏ các vi sinh vật khác ra khỏi nước.

Có thể phân biệt kỹ thuật lọc cát chảy nhanh và lọc cát chảy chậm.

- *Lọc cát chảy chậm* gồm một lớp cát mịn hoặc đất khuê tảo dày 1m. Nó có công suất khoảng 3 triệu gallon trên một mẫu anh của bề mặt lọc trên một ngày, do đó thích hợp cho các đô thị nhỏ.

- *Lọc cát chảy nhanh* chứa cát lớn hơn và sỏi, và cho phép lọc 200 triệu gallon/ mẫu anh/ ngày, thích hợp cho các đô thị lớn.

Cả hai loại lọc được làm sạch bằng cách phun nước ngược lên trên.

Ngoài ra còn có:

- *Kỹ thuật lọc màng (membrane filtration)*, mà màng lọc của nó có các lỗ với đường kính 0,2 μm .

- *Lọc bằng than hoạt tính*, nó cho phép vừa lọc các phần tử lơ lửng, vừa loại bỏ một số chất hữu cơ.

Sát trùng (disinfection)

Đây là giai đoạn xử lý cuối cùng trước khi nước được đưa tới người tiêu dùng. Có thể dùng các biện pháp sát trùng sau đây:

- *Clo hóa*: phép xử lý này được dùng phổ biến nhất vì chi phí thấp. Khí clo có thể giết chết vi khuẩn, tảo, nấm, và động vật nguyên sinh, do làm biến tính protein của chúng – trong khoảng 30 phút tác dụng. Mức độ clo hóa phụ thuộc số lượng vi sinh vật trong một đơn vị thể tích nước: số lượng này càng cao thì mức độ clo hóa càng phải cao. Clo hóa không giết chết mọi vi sinh vật: hầu hết virut không bị clo làm bất hoạt, các nội bào tử của vi khuẩn và các nang của động vật nguyên sinh nói chung không bị bất kỳ phép xử lý hóa học nào làm hỏng. Chúng chỉ có thể bị loại trừ hoàn toàn nhờ biện pháp lọc cơ học.

Hình 26.8. Xử lý nước để uống

a) Một trạm xử lý nước.

Xử lý nước và xử lý nước thải

b) Các giai đoạn xử lý nước: lắng đọng, lọc, và sát trùng.

Câu hỏi:

- Vì sao xử lý hóa học không thể phá hủy hầu hết virus?

Trả lời:

- Hầu hết các hóa chất sát trùng được tạo ra nhằm ức chế một hoạt tính trao đổi chất hoặc làm hỏng một cấu trúc tế bào; vì vậy các hóa chất ấy không làm hỏng các virus không có cấu trúc tế bào và đang ngừng trao đổi chất.

Xét nghiệm chất lượng nước

Việc xét nghiệm chất lượng nước dựa vào sự có mặt của một số **sinh vật chỉ thị** (indicator organisms) để chứng tỏ khả năng hiện hữu của các tác nhân gây bệnh trong nước uống hoặc trong các thủy vực tự nhiên.

Vì phần lớn các bệnh truyền qua nước có nguyên nhân là một sự nhiễm phân, nên sự có mặt của *E. coli* (sinh vật chỉ thị được dùng phổ biến nhất) và các coliform dạng phân khác trong nước chứng tỏ rằng rất có thể các tác nhân gây bệnh cũng có mặt. *E. coli* hội đủ các yêu cầu về một vật chỉ thị tốt: nó luôn luôn có mặt trong phân người, có thời gian sống sót lâu bằng hầu hết các tác nhân gây bệnh trong phân (có thể còn lâu hơn), và dễ dàng bị phát hiện bằng các kỹ thuật đơn giản.

Sau đây là một số kỹ thuật xét nghiệm chất lượng nước:

- *Kỹ thuật nhiều ống nghiệm*: kỹ thuật “cồng kênh” và lâu đời này dựa trên việc tìm số lượng có xác suất lớn nhất (most probable number, MPN) (xem hình 6.24); đó là một phép thử theo phương pháp thống kê, cho phép khẳng định sự nhiễm bẩn.

Hình 6.24. Phương pháp nhiều ống nghiệm để xác định số lượng vi sinh vật trong nước. Thông thường, cần một dãy 5 ống nghiệm cho mỗi độ pha loãng. Sau khi nuôi, số lượng ống mà trong đó có sinh trưởng được dùng để tra bảng MPN (xem bảng 6.6.), để biết số tế bào/ 100ml chất lỏng.

Câu hỏi

- Nếu các kết quả là 5, 3, 1 thì số lượng vi sinh vật có thể sẽ là bao nhiêu?

Trả lời

Xử lý nước và xử lý nước thải

- MPN là 110.

- *Kỹ thuật lọc màng (membrane filtration)*: kỹ thuật này được dùng phổ biến hơn (hình 26.9.a), vì dễ thao tác. Rót 100ml nước cần xét nghiệm qua một màng lọc, sau đó đặt màng này lên đĩa thạch EMB (Eosin methylene blue) và nuôi. Mọi coliform dạng phân nào sinh trưởng trên đó thì đều có màu xanh lục ánh kim loại rất đặc trưng. Sau đó đếm số khuẩn lạc này và biểu thị thành số lượng khuẩn lạc/ 100ml.

Hình 26.9.a. Kỹ thuật lọc màng. Các đường kẻ ô vuông trên màng lọc cho phép đếm dễ dàng các khuẩn lạc màu xanh ánh kim loại đặc trưng của các coliform dạng phân.

Hình 26.9.b. Kỹ thuật dùng ONPG và MUG. Màu vàng trong chai chứa ONPG cho biết sự có mặt của các coliform, còn màu huỳnh quang xanh trong chai chứa MUG cho biết sự có mặt của coliform *E. coli*, chai không màu là đối chứng âm tính.

- *Kỹ thuật dùng ONPG và MUG*:

Các mẫu nước được rót vào các chai nhỏ chứa ONPG (O- nitrophenyl-ò- D- galactopyranoside) và MUG (4- methylumbiliferyl- ð- D- glucouronide) làm nguồn dinh dưỡng duy nhất. Hầu hết các coliform đều sản sinh ð- galactosidase, một enzyme phản ứng với ONPG để tạo ra màu vàng, còn coliform dạng phân *E. coli* thì sinh ra một enzym khác- ð- glucuronidase- phản ứng với MUG để tạo thành chất phát huỳnh quang xanh dưới ánh sáng tử ngoại có bước sóng dài (hình 26.9.b). Kỹ thuật này cho phép phát hiện nhanh, nhưng cũng giống như MPN, nó không có biết con số thật.

- *Kỹ thuật fingerprinting*

Với hai kỹ thuật trên đây không thể phát hiện các virus và những vi khuẩn gây bệnh đặc hiệu. Muốn phát hiện chúng cần phải dùng kỹ thuật fingerprinting, theo đó các mẫu nước cần xét nghiệm phải được làm giàu bằng cách nuôi mọi cơ thể có mặt trong đó. Sau đó hàm lượng ADN của mẫu đã làm giàu được sàng lọc di truyền để nhận dạng tác nhân gây bệnh tiềm ẩn. Những xét nghiệm thuộc loại này nói chung chỉ có thể thực hiện được tại những trung tâm xét nghiệm lớn, nơi có các phòng thí nghiệm đủ khả năng thao tác chúng.

Xử lý nước thải

Nước thải chứa rất nhiều loại tác nhân gây ô nhiễm khác nhau, bao gồm các chất rắn lơ lửng, các chất hữu cơ và vô cơ có khả năng bị phân hủy sinh học, các kim loại độc, và các tác nhân gây bệnh. Mục đích của xử lý nước thải là loại bỏ hoặc giảm thiểu những tác nhân gây ô nhiễm này tới mức có thể chấp nhận được.

Vì nước thải chủ yếu là nước (chỉ chứa dưới 1% chất rắn), nên hầu hết các quá trình xử lý nước thải đều liên quan đến việc loại bỏ các vi sinh vật. Có một thời nước thải không xử lý được đổ thẳng vào sông hoặc biển nơi gần nhất, với ý nghĩ rằng nước thải ấy sẽ bị pha loãng tới mức vô hại...

...

...

...

Một khái niệm then chốt trong xử lý nước thải là làm giảm nhu cầu oxy sinh hóa (biochemical oxygen demand, BOD) tức là làm giảm lượng oxy mà các vi sinh vật hiếu khí đòi hỏi để chuyển hóa hoàn toàn chất hữu cơ trong nước thải. Lượng oxy này tỷ lệ thuận với lượng chất thải trong nước; nồng độ các chất có thể phân hủy được càng cao thì lượng oxy cần thiết để chuyển hóa chúng càng cao, do đó BOD càng cao. Những xử lý nước thải có hiệu quả làm giảm BOD tới mức rất thấp, khiến cho vi sinh vật sinh trưởng kém, do đó các vi sinh vật gây bệnh ít có cơ hội sống sót.

Dưới đây chúng ta xem xét các kiểu xử lý nước thải khác nhau: xử lý nước thải theo cách truyền thống, được áp dụng trong các hệ thống xử lý cho đô thị, xử lý dùng cho các vùng nông thôn, xử lý các chất thải nông nghiệp, và xử lý trong đó dùng các đầm lầy nhân tạo.

Xử lý nước thải đô thị

Ngày nay, các thành phố lớn ở các nước phát triển đều có *hệ thống cống rãnh đô thị*, gồm các đường ống dẫn, thu thập nước thải và dẫn nó tới các trạm xử lý nước thải để xử lý. Việc xử lý nước thải theo cách truyền thống bao gồm bốn giai đoạn (hình 26.10):

Xử lý bậc một

Nước thải được bơm vào các bể lắng, tại đó các vật rắn nhẹ, dầu và mỡ, các vật thể trôi nổi được vớt bỏ đi, còn các vật thể nặng hơn thì lắng xuống đáy thành **bùn**. Sau khi bổ sung phèn là tác nhân gây keo tụ, bùn được loại bỏ, và phần nước đã làm trong một phần này sẽ được xử lý tiếp. Xử lý bậc một loại bỏ được 25- 35% BOD của nước thải.

Xử lý bậc hai

Hoạt tính sinh học trong giai đoạn này làm giảm BOD tới còn 5- 25% so với ban đầu. Hầu hết vi sinh vật gây bệnh cũng bị loại trừ. Nước thải được thông khí nhằm thúc đẩy sinh trưởng của các vi sinh vật hiếu khí, chúng oxy hóa các chất hữu cơ hòa tan tới CO₂ và nước. Trong một *hệ thống bùn hoạt tính*, nước thải đang được thông khí còn được bổ sung (cây) bùn của xử lý bậc một trong đó chứa nhiều vi sinh vật đang có hoạt động oxy

hóa; sự keo tụ cũng xảy ra trong giai đoạn này. Mọi vật chất rắn còn lại đều lắng xuống và tham gia vào bùn từ xử lý bậc một. Bùn tổng thể ấy được bơm vào các bể chứa kỵ khí.

Với một vài cộng đồng dân cư nhỏ hơn thì có thể thực hiện xử lý bậc hai nhờ *hệ thống lọc trích* (lọc chảy giọt, trickling filter), mà nguyên lý hoạt động giống với của các lọc cát chảy chem. Dù trong xử lý nước để uống nhưng kém hiệu quả hơn hệ thống bùn hoạt tính về mặt làm giảm BOD.

Xử lý hóa học

Nước từ xử lý bậc hai được sát trùng, thường bằng cách clo hóa, sau đó được thải vào các thủy vực tự nhiên, hoặc đôi khi được phun tưới cho nông nghiệp hoặc cho các thảm cỏ ven đường quốc lộ.

Trong những trường hợp khác người ta loại bỏ nitrat, photphat và phần BOD cũng như các vi sinh vật còn sót lại bằng cách đưa nước qua những lọc cát mịn và/ hoặc qua cá lọc than hoạt tính. Nitrat được chuyển hóa thành ammoniac và thải vào không khí (nhờ thể loại bỏ được khoảng 50% lượng nitơ), còn photphat thì được kết tủa bằng vôi hoặc phèn (do vậy loại bỏ được khoảng 70% lượng photpho). Việc xử lý bậc ba như vậy nói chung được áp dụng cho những vùng nhạy cảm về môi trường, hoặc những nơi mà nước thải được thải vào các hệ thống hồ kín.

Xử lý bùn

Bùn được phân hủy kỵ khí theo ba bước:

- Đầu tiên các vi sinh vật kỵ khí lên men vật chất hữu cơ để sinh ra CO₂ và các axit hữu cơ.
- Sau đó vi sinh vật khử những axit hữu cơ này thành H₂ và thành CO₂ nữa và những axit hữu cơ đơn giản hơn như axit axetic chẳng hạn.
- Cuối cùng, các axit hữu cơ đơn giản ấy, H₂ và CO₂ được chuyển thành khí mêtan. Phần bùn còn lại được làm khô mang đi chôn lấp hoặc dùng làm phân bón.

Hình 26.10. Xử lý nước thải đô thị. (a) Một trạm xử lý nước thải đô thị. (b) Các giai đoạn của quá trình xử lý. Sự phân hủy nhờ vi sinh vật trong giai đoạn xử lý bậc hai làm giảm phần lớn BOD trước khi nước thải được xử lý hóa học. Sau giai đoạn xử lý bùn, thu được bùn khô, nó được tái tuần hoàn vào đất, còn mêtan sinh ra thì được thu lấy để làm nhiên liệu.

Xử lý nước thải cho vùng nông thôn

Tại các vùng nông thôn, nơi không có hệ thống đường dẫn nước thải chung nối cá nhà với nhau để dẫn đến trạm xử lý, có hai loại hình hệ thống xử lý nước thải:

Bể tự hoại

Đây là một hệ thống xử lý ở qui mô hộ gia đình, tương đương với xử lý bậc một (hình 26.11). Nước thải trong nhà chảy vào một bể chứa xây kín và ngầm dưới đất, trong vườn chẳng hạn. Các chất rắn lắng xuống đáy bể, còn chất lỏng thì chảy ra khỏi bể, vào một *vùng thấm lọc* (leach field) ngầm dưới đất, vùng này có tác dụng lọc. Bùn trong bể và các chất hữu cơ trong nước bị các vi sinh vật phân hủy. Tuy nhiên vì bể được xây kín, nên lượng bùn được tích lũy ngày càng nhiều trong bể cần phải được bơm hút ra một cách định kỳ.

Hình 26.11. Bể tự hoại. Sau khi nước thải trong nhà chảy vào bể tự hoại, các chất rắn lắng xuống thành bùn, còn chất lỏng được lọc qua đất trong những vùng thấm lọc.

Hố nước thải

Hố này giống với bể tự hoại nhưng nó không được xây kín. Khi nước thải đi vào hệ thống của các vòng có lỗ được xây chìm dưới đất, nước được giải phóng vào đất xung quanh; các chất thải rắn được tích tụ ở đáy và được vi sinh vật kỵ khí phân hủy.

Xử lý chất thải nông nghiệp

Nông dân và các chủ trại chăn nuôi thường dùng hệ thống *cácao oxy hóa* để xử lý chất thải động vật tích tụ trong các khu chăn nuôi. Các ao này thực hiện chức năng của xử lý nước thải. Nước thải được bơm vào các ao sâu và được giữ ở đó trong ba tháng; bùn lắng xuống đáy ao; và các vi sinh vật kỵ khí phân hủy bùn này; phần chất lỏng được bón sang ao tiếp theo, nông hơn, tại đó sóng trong ao có tác dụng thông khí cho nước. Các vi sinh vật hiếu khí, nhất là tảo, phân hủy các chất hữu cơ lơ lửng trong nước. Cuối cùng các vi sinh vật chết đi, và nước đã trở nên trong được thải vào các thủy vực. Nhược điểm của các ao oxy hóa là ở chỗ chúng là những hệ thống mở, do đó nếu nước lũ tràn qua chúng thì sẽ làm phát tán các chất thải động vật chưa xử lý tới những vùng khác ở rất xa.

Các đầm lầy nhân tạo

Từ những năm 1970, các cộng đồng dân cư nhỏ và một số nhà máy đã xây dựng **các đầm lầy nhân tạo** để xử lý nước thải. Các đầm lầy này sử dụng các quá trình tự nhiên để phân hủy chất thải và loại bỏ vi sinh vật và các hóa chất ra khỏi nước trước khi thải nó ra ngoài tự nhiên. Không cần đến các bể tự hoại, mà thay vào đó, nước thải chảy vào các ao kế tiếp nhau- nơi xảy ra sự phân hủy vi sinh vật (hình 26.12). Ao đầu tiên của hệ

thông được thông khí để thúc đẩy sự phân hủy hiếu khí chất thải trong nước; sự phân hủy kỵ khí diễn ra trong bùn ở đáy ao. Sau đó nước chảy qua đầm lầy, tại đó chất hữu cơ bị phân hủy tiếp nhờ vi sinh vật đất. Một ao thứ hai, ao tĩnh và chứa tảo, sẽ loại bỏ tiếp chất hữu cơ, sau đó nước chảy qua một mảnh đất sinh lầy mở, tại đó cỏ và cây sẽ giữ lại các chất gây ô nhiễm. Dần dần, nước đi tới ao cuối cùng, khi ấy hầu hết BOD và vi sinh vật được loại bỏ, và nước có thể được thải ra ngoài hệ thống cho các mục đích tưới tiêu và giải trí. Nhược điểm của hệ thống này là ở chỗ, nó cần diện tích rộng, ví dụ tới 50 mẫu anh hoặc hơn nữa, chỉ để phục vụ cho một cộng đồng nhỏ.

Hình 26.12. Xử lý nước thải nhờ một hệ thống đầm lầy nhân tạo. Phần lớn BOD được loại bỏ do hoạt động vi sinh vật trong ao đầu tiên; sự lọc tự nhiên do cây và đất thì loại bỏ các chất ô nhiễm và phần còn lại của BOD.

Câu hỏi

- Tại sao hệ thống đầm lầy nhân tạo không khả thi đối với các vùng tập trung dân cư lớn?

Trả lời

- Vì các vùng tập trung dân cư lớn thải ra quá nhiều chất thải và có quá ít diện tích cho việc xây dựng hệ thống này sao cho nó hoạt động tốt.