



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẢNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0041570

(51)^{2020.01} C02F 3/00

(13) B

(21) 1-2021-06689

(22) 22/10/2021

(45) 25/11/2024 440

(43) 27/12/2021 405

(73) Đại học Bách khoa Hà Nội (VN)

Số 1 Đại Cồ Việt, Quận Hai Bà Trưng, Hà Nội

(72) Đặng Xuân Hiền (VN).

(54) THIẾT BỊ TÍCH HỢP CÔNG NGHỆ HÓA LÝ - SINH HỌC - SINH THÁI DẠNG
MÔ ĐUN XỬ LÝ NƯỚC RỈ RÁC

(57) Sáng chế đề xuất thiết bị xử lý nước rỉ rác bằng cách tích hợp các công nghệ: xử lý bằng hệ hóa lý tổ hợp, xử lý bằng công nghệ sinh học tổ hợp và xử lý bằng tổ hợp công nghệ sinh thái, bao gồm: xử lý bằng hệ hóa lý tổ hợp bậc I (loại bỏ khí NH₃; kết tủa kim loại nặng; thu hồi NH₄⁺; keo tụ, ôxy hóa tiên tiến AOPs bậc I); xử lý bằng hệ hóa lý tổ hợp bậc II (xử lý dòng thải sau sinh học, khi COD >500 mg/l; gồm: lọc bằng vật liệu lọc nổi; ôxy hóa tiên tiến AOPs bậc II; hấp phụ); xử lý sinh học bằng hệ sinh học tổ hợp; xử lý bằng tổ hợp công nghệ sinh thái dựa trên bãi lọc trồng cây kiến tạo SSF-VF và SSF-HF. Thiết bị tích hợp xử lý nước rỉ rác mang lại hiệu quả xử lý cao và phù hợp với điều kiện tại Việt Nam.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế thuộc lĩnh vực thiết bị xử lý môi trường, cụ thể sáng chế đề cập đến thiết bị tích hợp hóa lý – sinh học – sinh thái xử lý nước rỉ rác. Thiết bị đề cập có hiệu suất xử lý cao, an toàn và thân thiện với môi trường để xử lý các chất ô nhiễm trong nước rỉ rác.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Xử lý nước rỉ rác từ bãi chôn lấp tập trung bằng các thiết bị hóa lý, hóa học, sinh học riêng rẽ đã và đang được nhiều nhà khoa học trong và ngoài nước quan tâm.

Một số hệ thiết bị xử lý nước rỉ rác đã biết:

- (i) **Hệ thiết bị 1:** xử lý nước rỉ rác tại Deepmoor (Anh quốc) và Gairtloch (Scotland): Nước rác → Bể kỵ khí → SBR → Nước ra.

Nhược điểm: công nghệ sẽ khó ổn định vì trong nước rỉ rác còn có chứa các chất độc, các kim loại nặng, các chất gây ức chế vi sinh (như NH_4^+ ở nồng độ cao,...) trong bể xử lý sinh học yếm khí; trong trường hợp như vậy bể UASB sẽ nhanh chóng mất tác dụng.

- (ii) **Hệ thiết bị 2:** xử lý nước rỉ rác tại Ammasuo- Phần Lan: Nước rác → Bể UASB → Aeroten → Nước ra. Nước rác đầu vào có nồng độ COD đầu vào từ 1500 – 33000 mg/l, ni tơ từ 80-260 mg/l. Công nghệ này có thể đạt hiệu suất xử lý là 80-90 %, hiệu suất xử lý ni tơ đạt 65-99 %.

Nhược điểm: hoạt động khó ổn định vì nước rỉ rác chứa nhiều chất gây ức chế/gây chết hệ vi sinh trong các công trình xử lý sinh học.

- (iii) **Hệ thiết bị 3:** xử lý nước rỉ rác tại Kemi và Joesnuu (Phần Lan): Nước rỉ rác → Bể xử lý sinh học hiếu khí → Bãi lọc trồng cây → Nước ra.

Nhược điểm: Nước rỉ rác thường có nồng độ các chất ô nhiễm cao, với nồng độ đó mà không có hệ tiền xử lý trước khâu sinh học hiếu khí thì khi nước rỉ rác đi vào bể xử lý sinh học hiếu khí sẽ làm hỏng toàn bộ hệ vi sinh.

- (iv) **Hệ thiết bị 4:** xử lý nước rỉ rác tại Nam Sơn (Hà Nội): Hồ sinh học → Bể nâng pH bằng vôi → Lắng → Bể điều hòa → Khử NH_3 bằng vôi sữa → Aerotank dạng mẻ (SBR) → Bể lắng → Ô xy hóa → Hấp phụ – Khử trùng.

Nhược điểm: hiệu quả xử lý không cao, công nghệ không ổn định. Giá thành xử lý quá cao và gây phát thải ô nhiễm thứ cấp lớn, tạo ra quá nhiều bùn thải.

- (v) **Hệ thiết bị 5:** xử lý nước rỉ rác tại Gò Cát (TP Hồ Chí Minh): Nước rỉ rác → Xử lý yếm khí UASB → Xử lý hiếu khí → Hồ sinh học → Nước ra.

Nhược điểm: trong nước rỉ rác có nhiều chất độc và chất gây ức chế vi sinh mà không được xử lý trước khi được đưa vào các công trình xử lý sinh học, dây chuyền hoạt động không ổn định, hiệu quả xử lý thấp.

Tại các nước phát triển trên thế giới, rác sinh hoạt được phân loại tốt tại nguồn, do đó rác đem chôn lấp chỉ bao gồm các chất đơn giản mà không có/ít các chất độc hại, vì vậy thành phần nước rỉ rác không phức tạp như ở Việt Nam nên có thể ứng dụng các thiết bị khá đơn giản để xử lý. Còn tại Việt Nam do không có khâu phân loại tại nguồn phát sinh, vì vậy tất cả các chất thải từ hộ gia đình (thức ăn thừa, rác gia đình, pin, ắc quy, ...) đều được đem đến bãi chôn lấp, do đó trong thành phần của nước rỉ rác phát sinh từ bãi chôn lấp có chứa rất nhiều chất độc hại. Do vậy khi ứng dụng các thiết bị của nước ngoài vào xử lý nước rỉ rác tại Việt Nam thì các thiết bị này trở nên không phù hợp với điều kiện đặc thù của nước rỉ rác ở Việt Nam. Hiện tại phần lớn các thiết bị xử lý nước rỉ rác chủ yếu dựa trên thiết bị đơn giản và không ổn định, dẫn đến hiệu quả xử lý chưa đạt yêu cầu, chưa loại bỏ hiệu quả các chất theo yêu cầu; nước sau xử lý chưa đạt quy chuẩn thải ra môi trường cột B2 của QCVN25:2009/BTNMT.

Các phân tích trên cho thấy thiết bị tích hợp hóa lý – sinh học – sinh thái xử lý nước rỉ rác trong bản mô tả là thiết bị mới, có tính sáng tạo, cho phép khắc phục được các nhược điểm của các thiết bị hiện có. *Thiết bị tích hợp bao gồm 3 mô đun: mô đun 1: tổ hợp công nghệ hóa lý; mô đun 2: tổ hợp sinh học (hay sinh học tổ hợp); mô đun 3: tổ hợp công nghệ sinh thái:*

+ **Mô đun 1: tổ hợp công nghệ hóa lý:** tích hợp các bể phản ứng hóa lý bậc I như: bể phản ứng kiềm hóa, đuổi khí (air stripping), kết tủa Ca^{2+} và các ion kim loại, kết tủa MAP (thu hồi ni tơ amôn NH_4^+), keo tụ, ô xy hóa AOPs bậc I; tích hợp các bể phản ứng hóa lý bậc II như: lọc, ô xy hóa AOPs bậc II, hấp phụ (khi sau xử lý sinh học $\text{COD} > 500 \text{ mg/l}$); Việc thu hồi NH_4^+ ngay từ công đoạn đầu ngoài tiết kiệm tài nguyên cũng giúp tránh gây ức chế hệ vi sinh trong các công trình xử lý sinh học phía sau;

+ **Mô đun 2: sinh học tổ hợp:** tích hợp các bể phản ứng dạng AAOA-MBBR (Anaerobic - Anoxic - Oxic – Oxic – Anoxic- Moving Bed Biofilme Reactor) nhiều bậc với việc sử dụng các chủng vi sinh vật bản địa được phân lập từ chính môi trường nước rỉ rác; hệ các bể phản ứng MBBR nhiều bậc cho phép xử lý hiệu quả các hợp chất các bon, các hợp chất của ni tơ, phospho và có khả năng chống chịu được sốc tải ô nhiễm rất lớn của nước rỉ rác;

+ **Mô đun 3: tổ hợp công nghệ sinh thái:** tích hợp bãi lọc trồng cây không ngập nước dòng chảy đứng SSF-VF (Subsurface flow – vertical flow) và bãi lọc trồng cây không ngập nước dòng chảy ngang SSF-HF (Subsurface flow – horizontal flow) với việc sử dụng hệ thực vật bản địa là cỏ Voi, đây là loại thực vật có khả năng chống chịu được độ muối cao, thích hợp với khí hậu Việt Nam (chịu rét tốt), và là loại cây có nhiều ứng dụng trong đời sống;

Thiết bị tích hợp dạng mô đun cho phép: tiết kiệm mặt bằng và không gian, tiết kiệm đường ống, giảm tiêu hao năng lượng vận chuyển nước, dễ dàng lắp đặt, thuận lợi hơn trong vận hành, bảo dưỡng, sửa chữa, giảm chi phí đầu tư và chi phí vận hành.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Bản chất kỹ thuật của sáng chế là đã giải mã và tích hợp được công nghệ hóa lý, công nghệ sinh học, công nghệ sinh thái trong thiết kế thiết bị dạng mô đun; thiết bị xử lý nước rỉ rác trong đơn chú trọng đến việc loại bỏ các chất độc với hệ vi sinh như việc loại bỏ Ca^{2+} và các ion kim loại nặng như Pb^{2+} , Cd^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Hg^{2+} , thu hồi ni tơ amoni – một thành phần có nồng độ rất cao trong nước rỉ rác, kết tủa thu được dưới dạng muối MAP ($\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$); sử dụng chính hệ vi sinh vật bản địa được phân lập tuyển chọn từ môi trường nước rỉ rác. Để đạt được mục đích trên, sáng chế đề xuất thiết bị tích hợp hóa lý – sinh học – sinh thái xử lý nước rỉ rác bằng tổ hợp của 3 khối mô đun:

(1) Mô đun 1: tổ hợp công nghệ hóa lý: thu hồi nitơ/xử lý nitơ bằng kỹ thuật kết tủa ở dạng muối phức MAP và kỹ thuật đuổi khí (air stripping); ô xy hóa các chất hữu cơ khó phân hủy sinh học, các chất hữu cơ trơ, COD calcite như các a xít humic, a xít fulvic, các dẫn suất của phenol,..bằng phản ứng xúc tác quang Fenton/UV;

(2) Mô đun 2: công nghệ sinh học tổ hợp : sử dụng các bể phản ứng màng sinh học nhiều bậc sử dụng đệm chuyển động AAOOA – MBBRs, đây là công nghệ lai ghép giữa công nghệ bùn hoạt tính và công nghệ màng sinh học biofilme với việc sử dụng các chủng vi sinh vật bản địa có tính đặc chủng, được phân lập trong môi trường nước rỉ rác Việt Nam, giúp cho quá trình xử lý ổn định, công nghệ có khả năng chống chịu được sốc tải thủy lực, sốc tải hữu cơ và ni tơ, cho hiệu suất xử lý các bon, nitơ và phot pho cao;

(3) Mô đun 3: tổ hợp công nghệ sinh thái: sử dụng các bãi lọc trồng cây kiến tạo dòng chảy ngang (HF) với hệ thực vật là cỏ Voi, ở đây nhờ các quá trình chuyển hóa của thực vật, hệ vi sinh vật đất và hệ vi sinh vật nước mà các chất ô nhiễm trong nước rỉ rác được xử lý khá hiệu quả và triệt để trước khi được xả ra môi trường. Ngoài ra quy trình công nghệ còn tích hợp được với điều khiển tự động hoá hệ thống, nhằm giám sát và điều chỉnh các thông số công nghệ một cách hiệu quả trong quá trình vận hành.

*Mục đích của thiết bị tích hợp hóa lý – sinh học – sinh thái xử lý nước rỉ rác theo giải pháp nêu trong đơn nhằm **giải quyết được các nhược điểm của các thiết bị đã nêu trong phần**”Tình trạng kỹ thuật của sáng chế”. Cụ thể ở đây đã chú trọng đến:*

- Thiết bị tích hợp dạng mô đun cho phép tiết kiệm được mặt bằng và không gian; có thể chế tạo số lượng lớn trong một thời gian ngắn ở quy mô công nghiệp;
- Tiết kiệm đường ống công nghệ và giảm tiêu hao năng lượng vận chuyển nước;

- Dễ dàng lắp đặt, thời gian lắp đặt ngắn do các mô đun đã được chế tạo hoàn thành ở xưởng chế tạo;
- Thuận lợi hơn trong vận hành, bảo dưỡng, sửa chữa;
- Giảm chi phí đầu tư và chi phí vận hành;
- Hiệu suất xử lý cao và ổn định do *thiết bị tích hợp được 3 mô đun tổ hợp ghép nối với nhau: mô đun tổ hợp công nghệ hóa lý, mô đun công nghệ sinh học tổ hợp, mô đun tổ hợp công nghệ sinh thái.*

Các dấu hiệu kỹ thuật cơ bản cần và đủ để xác định được đối tượng “thiết bị tích hợp hóa lý – sinh học – sinh thái xử lý nước rỉ rác” được yêu cầu bảo hộ, cụ thể là:

- *Các mô đun thực hiện:* gồm các công nghệ hóa lý tích hợp trong mô đun tổ hợp công nghệ hóa lý; tiếp theo là mô đun tổ hợp sinh học AAOAO-MBBRs sử dụng các đệm vi sinh chuyển động; cuối cùng là mô đun tổ hợp công nghệ sinh thái với hệ bãi lọc trồng cây không ngập nước kiến tạo SSF-VF và SSF-HF với việc sử dụng hệ thực vật là cỏ Voi;

Mô đun 1: xử lý hóa lý bậc I: bằng thiết bị hóa lý tổ hợp bao gồm các bể phản ứng: kiềm hóa, đuổi khí, kết tủa hóa học, kết tủa MAP, keo tụ, ô xy hóa tiên tiến Fenton/UV)

Mô đun 2: xử lý sinh học bằng thiết bị sinh học tổ hợp AAOOA-MBBR (Anaerobic anoxic oxic oxic anoxic – moving bed biofilme reactor) bao gồm: bể yếm khí 2 bậc - thiếu khí I - hiếu khí I - hiếu khí II - thiếu khí II có sử dụng các giá thể vi sinh chuyển động trong mỗi bể với các vi sinh vật được phân lập trực tiếp từ nước rỉ rác để loại bỏ chất hữu cơ, nitơ và photpho trong nước rỉ rác.

Mô đun 1: xử lý hóa lý bậc II (khi COD sau xử lý sinh học >500 mg/l): bằng thiết bị hóa lý tổ hợp bao gồm các bể: bể lọc vật liệu nổi – bể ô xy hóa tiên tiến Fenton/UV bậc II – bể hấp phụ bằng vật liệu hấp phụ GAC. Công đoạn ôxy hóa tiên tiến bậc II sử dụng các tác nhân phản ứng là $\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2//\text{UV}$ bằng cách bổ sung H_2O_2 và dung dịch Fe^{2+} với tác nhân ánh sáng kích thích là đèn UV để ôxy hóa các hợp chất hữu cơ khó phân hủy sinh học, COD trơ, khử màu trong nước rỉ rác, xảy ra trong môi trường axit yếu, với pH=3-4;

Mô đun 3: xử lý nước rỉ rác bằng bãi lọc trồng cây không ngập nước SSF-VF và SSF-HF với hệ thực vật cỏ Voi (*Pennisetum purpureum*).

Các mô đun thực hiện cụ thể gồm:

mô đun 1: **xử lý bằng tổ hợp công nghệ hóa lý bậc I**: kiềm hóa nước rỉ rác [bằng $\text{Ca}(\text{OH})_2$ hoặc NaOH để nâng giá trị pH nhằm đảm bảo pH cho quá trình sục đuổi khí NH_3] $\rightarrow$ đuổi khí NH_3 [khi pH = 11, NH_4^+ sẽ chuyển thành NH_3 theo phản ứng $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \leftrightarrow \text{NH}_3 (\uparrow) + \text{H}_2\text{O}$] $\rightarrow$ kết tủa hóa học hydroxyt kim loại/các muối cacbonat kim loại [với các kim loại nặng đặc trưng của nước rỉ rác là Cu^{2+} , Ni^{2+} , Pb^{2+} , Hg^{2+} , ...] $\rightarrow$ kết tủa thu hồi nitơ ở dạng muối kết tủa MAP [đưa các chất phản ứng $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ và H_3PO_4 vào nước rỉ rác] $\rightarrow$ keo tụ [đưa vào chất keo tụ là PAC hoặc $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$] $\rightarrow$ ôxy hóa tiên tiến AOPs bậc I (AOPs: advanced oxidation processes) [nếu tỷ số $\text{BOD}_5/\text{COD} < 0,5$, bằng hệ $\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}$ để xử lý các thành phần hữu cơ khó phân hủy sinh học] thành các chất hữu cơ dễ phân hủy sinh học hơn. **Xử lý bằng tổ hợp công nghệ hóa lý bậc II**: sau tổ hợp sinh học, nếu $\text{COD} > 500 \text{ mg/l}$ thì xử lý tiếp bằng hệ hóa lý bậc II, gồm các công đoạn: lọc bằng vật liệu lọc nổi - ôxy hóa tiên tiến bậc II (AOPs bậc II) [hệ $\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}$] – hấp phụ bằng GAC.

mô đun 2: **xử lý bằng tổ hợp sinh học AAOA-MBBR**: xử lý các chất hữu cơ, xử lý các hợp chất nitơ thông qua quá trình nitrat hóa và quá trình khử nitrat gồm các bậc xử lý: yếm khí 2 bậc - thiếu khí bậc I - hiếu khí bậc I – hiếu khí bậc II – thiếu khí bậc II – Bể lắng].

mô đun 3: **xử lý bằng tổ hợp công nghệ sinh thái**: sử dụng hỗn hợp các bãi lọc trồng cây kiến tạo (constructed wetland) dạng không ngập nước SSF-VF và SSF-HF với hệ thực vật sử dụng là cỏ Voi.

- *Hóa chất*:

+ Phản ứng kiềm hóa: sử dụng $\text{NaOH}/\text{Ca}(\text{OH})_2$ tạo các ion OH^- để nâng pH nhằm chuyển hóa $\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NH}_3$ và kết tủa các ion kim loại nặng trong nước rỉ rác ở dạng các hydroxyt kim loại;

+ Kết tủa kim loại nặng tăng cường: sử dụng bổ sung Na_2CO_3 để kết tủa Ca^{2+} và các ion kim loại nặng trong nước ở dạng các muối cacbonat;

+ Kết tủa MAP bằng cách sử dụng hỗn hợp các chất phản ứng $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ và H_3PO_4 ;

+ Ôxy hóa tiên tiến AOPs (bậc I/bậc II): bằng hệ quang hóa với các tác nhân phản ứng $\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}$.

- Nguồn vi sinh vật: sử dụng các chủng vi sinh vật đặc hữu để phân hủy và chuyển hóa các chất hữu cơ khó phân hủy sinh học, chuyển hóa các hợp chất của nitơ, các hợp chất phospho và các hợp chất của lưu huỳnh trong nước rỉ rác.

- *Điều kiện xử lý trong mỗi bước của từng mô đun:*

Mô đun 1: Xử lý bằng tổ hợp công nghệ hóa lý bậc I:

+ kiềm hóa nước

pH: 10,5-11 nhằm đảm bảo pH cho quá trình sục đuổi khí NH_3 phía sau;

+ đuổi khí NH_3

sục khí đuổi NH_3 ra khỏi nước rỉ rác trong 2 giờ;

+ kết tủa hóa học Ca^{2+} và các ion kim loại nặng

pH: $\text{pH} > 10$;

+ kết tủa amoni và thu hồi ở dạng muối kết tủa MAP

pH= 8,5-9; chất kết tủa là dung dịch $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ và H_3PO_4 85%; thời gian xảy ra phản ứng tạo kết tủa MAP: 5-8 phút;

+ keo tụ

chất keo tụ là PAC với hàm lượng 2.000-2.500 mg/l và chất đông tụ với nồng độ PAA 0,1% - 0,2%;

+ ô xy hóa tiên tiến bậc I (AOPs bậc I)

nếu tỷ số $\text{BOD}_5/\text{COD} < 0,5$ nước rỉ rác sẽ được đưa vào công đoạn ô xy hóa tiên tiến bậc I (AOPs bậc I) bằng hệ Fenton/UV; các chất phản ứng: H_2O_2 và xúc tác Fe^{2+} ; khuấy trộn, chiếu tia UV trong suốt quá trình xử lý;

Mô đun 1: Xử lý bằng tổ hợp công nghệ hóa lý bậc II:

+ lọc (AOPs bậc I)

+ ô xy hóa tiên tiến bậc II (AOPs bậc II)

sau xử lý bằng tổ hợp sinh học, nếu $COD > 500 \text{ mg/l}$ sẽ tiến hành ô xy hóa tiên tiến bậc II (AOPs bậc II) bằng hệ $Fe^{2+}/H_2O_2/UV$; các chất phản ứng: H_2O_2 và xúc tác Fe^{2+} ; khuấy trộn, chiếu tia UV trong suốt quá trình xử lý;

+ hấp phụ

Mô đun 2: tổ hợp sinh học AAOOA-MBBR loại bỏ chất hữu cơ, nitơ và phospho

+ bể yếm khí (anaerobic) 2 bậc I và II: nhiệm vụ là thủy phân, ngắt các mạch chất hữu cơ phân tử lượng lớn thành dạng có phân tử lượng nhỏ hơn hoặc các chất hữu cơ dạng hạt/không tan thành dạng hòa tan;

+ bể thiếu khí (anoxic I): thực hiện quá trình tiền khử nitrat để khử một phần NO_3^- trong nước rỉ rác do dòng nội tuần hoàn từ bể oxic có nồng độ nitrat cao tuần hoàn về và nồng độ NO_3^- có trong nước rỉ rác đầu vào;

+ bể hiếu khí bậc I (oxic I): khử BOD_5 và một phần NH_4^+ ;

+ bể hiếu khí bậc II (oxic II): thực hiện quá trình nitrat hóa, chuyển NH_4^+ thành NO_3^- ;

+ bể thiếu khí bậc II (anoxic bậc II): có nhiệm vụ tăng cường hiệu quả khử nitrat;

+ tỷ lệ đệm trong bể chọn là 10%-60% giúp tăng cường cho quá trình chuyển khối trong bể.

Mô đun 3: tổ hợp công nghệ sinh thái dựa trên các bãi lọc trồng cây kiến tạo không ngập nước

- Bãi SSF-HF: vùng phân phối nước vào: lớp sạn d:4-6 mm có độ dày 800 mm, rộng 300 mm có nhiệm vụ phân phối nước đầu vào; vùng trồng cây: lớp cát lọc d: 0,8-1,8 mm, dày 800 mm; vùng thu nước: lớp sạn d:4-6 mm có độ dày 800 mm và rộng 300 mm.

- Bãi SSF-VF: vùng cấp nước vào và vùng trồng cây: lớp cát lọc d: 0,8-1,8 mm, dày 800 mm, có nhiệm vụ phân phối nước đầu vào; cây được trồng trong vùng này; vùng thu nước: lớp sạn d:4-6 mm có độ dày 150 mm.

Mô tả vắn tắt hình vẽ

Hình 1. Mô tả sơ đồ công nghệ của thiết bị tích hợp hóa lý-sinh học-sinh thái xử lý nước rỉ rác;

Hình 2, hình 3, hình 4: tương ứng là mô đun tổ hợp công nghệ hóa lý, mô đun sinh học tổ hợp và mô đun tổ hợp công nghệ sinh thái.

Mô tả chi tiết sáng chế

Thiết bị tích hợp hóa lý-sinh học-sinh thái xử lý nước rỉ rác trong bản mô tả này gồm 3 mô đun: mô đun 1: tổ hợp hóa lý; mô đun 2: tổ hợp sinh học; mô đun 3: tổ hợp công nghệ sinh thái. Các mô đun 1, 2, 3 được thiết kế ở dạng hợp khối và tối ưu, cho phép tiết kiệm tối đa vật liệu để chế tạo các bể phản ứng và các công trình đơn vị, dễ dàng cho việc vận hành và bảo trì hệ thống, tiết kiệm được diện tích mặt bằng. Thiết bị tích hợp được mô tả chi tiết trong hình 1.

Thiết bị tích hợp hóa lý-sinh học-sinh thái xử lý nước rỉ rác trong bản mô tả là thiết bị mới, có tính sáng tạo, cho phép khắc phục được các nhược điểm của các công nghệ hiện có:

+ **Mô đun 1: tổ hợp hóa lý:** đây là thiết bị tích hợp được các công đoạn xử lý hóa lý bậc I và các công đoạn xử lý hóa lý bậc II. Công đoạn xử lý hóa lý bậc I có thu hồi ni tơ amôn (NH_4^+) dưới dạng muối MAP như một nguồn tài nguyên mà có thể sử dụng làm phân bón nhả chậm cho cây trồng thay vì chỉ xử lý theo tiếp cận cũ; Loại bỏ bớt NH_4^+ ngay từ các công đoạn đầu cũng giúp tránh gây ức chế hệ vi sinh trong các công trình xử lý sinh học phía sau; Hệ thống phân phối nước, hệ thống thu nước và chế độ động học trong các bể phản ứng được thiết kế sáng tạo, các bể phản ứng hợp khối cho phép giảm nhiều chi phí đường ống và năng lượng tiêu tốn. Trong các bể phản ứng việc khuấy trộn hóa chất với nước thải được thực hiện bằng “hệ khí nâng” hoặc kết hợp hệ khí nâng với máy khuấy.

+ **Mô đun 2: tổ hợp sinh học AAOA-MBBR:** sử dụng hệ phản ứng MBBR nhiều bậc với các chủng vi sinh vật bản địa được phân lập từ chính môi trường nước rỉ rác; hệ MBBR cho phép xử lý tốt các hợp chất ni tơ, phospho và có khả năng chống chịu được sốc tải ô nhiễm rất lớn (các bon, ni tơ) của nước rỉ

rác. Trong các bể phản ứng Anoxic bậc I và bậc II, việc khuấy trộn nước thải được thực hiện bằng “hệ khí nâng”.

+ **Mô đun 3: tổ hợp công nghệ sinh thái:** sử dụng hệ thực vật bản địa là cỏ Voi, đây là loại thực vật có khả năng chống chịu được độ muối cao, thích hợp với khí hậu miền Bắc Việt Nam (chịu rét tốt), và là loại cây có nhiều ứng dụng trong đời sống;

Thiết bị tích hợp hóa lý-sinh học-sinh thái của hệ thống xử lý nước rỉ rác như sau: Tổ hợp công nghệ hóa lý -> Công nghệ sinh học tổ hợp sử dụng đệm chuyển động AAOA-MBBRs -> tổ hợp công nghệ sinh thái sử dụng hỗn hợp các bãi lọc trồng cây kiến tạo dạng SSF-VF và SSF-HF.

• **Mô đun 1: tổ hợp công nghệ hóa lý:**

Các thông số của nước rỉ rác cho thấy giá trị COD và TN rất cao, đặc biệt nồng độ amoni cao gấp 30 lần tiêu chuẩn cho phép. Nồng độ NH_4^+ cao sẽ gây ức chế và gây độc/gây chết các hệ vi sinh trong các công trình xử lý sinh học. Tỷ lệ BOD_5/COD xấp xỉ 0,31 cho thấy, với tỷ lệ này việc xử lý bằng phương pháp sinh học nước rỉ rác hoàn toàn không hiệu quả. Ngoài ra tỷ lệ C/N rất thấp của nước rỉ rác cũ cũng gây rất nhiều khó khăn cho việc xử lý sinh học. Hơn nữa trong nước rỉ rác còn có các chất độc như các kim loại nặng Pb^{2+} , Cd^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Hg^{2+} , ..., Ca^{2+} , cũng như chứa nhiều a xít humic, a xít fulvic, các dẫn xuất của phenol và các chất độc khác. Do vậy, nước rỉ rác cần thiết được xử lý hóa lý trước khi chuyển sang xử lý trong hệ thống sinh học.

Tổ hợp công nghệ hóa lý được thiết kế ở dạng hợp khối với cấu trúc dòng vào và ra các bể hợp lý nhất, cho phép dễ dàng điều chỉnh cấu trúc dòng, cấp hóa chất phản ứng. Thiết kế này cũng cho phép giảm chi phí đường ống, phụ kiện và chi phí năng lượng. Thiết bị tổ hợp công nghệ hóa lý được mô tả chi tiết trong hình 2.

- *Kiểm hóa:* trước khi xử lý hóa học và hóa lý, nước rỉ rác được nâng pH lên 11 bằng cách bổ sung các chất kiềm hóa như $\text{Ca}(\text{OH})_2/\text{NaOH}$, được tiến hành trong các bể phản ứng có khuấy trộn kết hợp với hệ khí nâng;

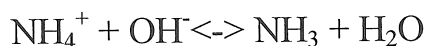
- *Sục khí để đuổi khí NH_3 :* nước rỉ rác có nồng độ nitơ cao có thể được xử lý bằng công nghệ air stripping. Phương pháp này được thực hiện qua 2 giai đoạn:

+ Giai đoạn 1: chuyển NH_4^+ trong nước rỉ rác thành dạng NH_3 bằng cách nâng cao độ pH (9–11) nhờ sử dụng một số dung dịch kiềm mà chủ yếu là sữa vôi.

Amoni ở trong nước tồn tại dưới dạng cân bằng:



Như vậy, ở pH gần 7 chỉ có một lượng rất nhỏ khí NH_3 so với amoni. Nếu nâng pH tới 9,5 thì tỷ lệ $[\text{NH}_3]/[\text{NH}_4^+] = 1$, và càng tăng pH cân bằng càng chuyển về phía tạo thành NH_3 . Khi đó nếu áp dụng các kỹ thuật sục thổi khí thì NH_3 sẽ bay hơi theo định luật Henry, làm chuyển cân bằng về phía phải:



+ Giai đoạn 2: giải thoát NH_3 bằng cách thổi khí cưỡng bức qua tháp air stripping.

- *Kết tủa hóa học muối cacbonat kim loại/hydroxyt kim loại:* nước rỉ rác chứa các ion kim loại, đặc biệt các ion kim loại nặng sẽ bị kết tủa hóa học với tác nhân phản ứng mới bổ sung vào là Na_2CO_3 để tạo thành các hydroxit kim loại kết tủa và các muối cacbonat kết tủa, chúng được thu hồi khỏi nước rỉ rác bằng máy lọc ép.

- *Kết tủa hóa học ni tơ ở dạng muối MAP:*

Kết tủa hóa học được sử dụng rộng rãi trong việc tiền xử lý nước rỉ rác, để loại bỏ $\text{NH}_4^+\text{-N}$. Các quá trình bùn hoạt tính thông thường có thể bị ảnh hưởng lớn bởi nồng độ $\text{NH}_4^+ \text{ - N}$.

Cơ sở của phương pháp kết tủa MAP dựa trên phản ứng giữa các thành phần ion Mg^{2+} , NH_4^+ , PO_4^{3-} tạo ra kết tủa MAP.

Trong thiết bị tích hợp này, sau khi đã loại bỏ được một phần ni tơ dưới dạng NH_3 và kim loại nặng ra khỏi nước rỉ rác, tiến hành điều chỉnh pH xuống 8-8,5 bằng dung dịch H_2SO_4 . Tiến hành hòa trộn dung dịch MgCl_2 và H_3PO_4 vào nước rỉ rác và khuấy trộn để cho các phản ứng diễn ra. Thời gian xảy ra phản ứng tạo kết tủa MAP (Magnesium Ammonium Phosphate) rất nhanh (khoảng 5-8 phút) theo phản ứng hóa học sau:



Trong quá trình phản ứng này, pH của nước rỉ rác giảm, cần kiểm soát giá trị pH và điều chỉnh bằng dung dịch $\text{Ca(OH)}_2/\text{NaOH}$. Để lắng kết tủa MAP và định kỳ theo thời gian tiến hành bơm kết tủa MAP vào máy lọc ép để thu hồi MAP. Công đoạn kết tủa MAP được tiến hành nhằm thu hồi Nito, tiết kiệm tài nguyên, làm giảm thành phần NH_4^+ có trong nước rỉ rác nhằm hạn chế tác nhân ức chế các vi sinh vật trong các công trình xử lý sinh học yếm khí. Tại đây thành phần Nito trong nước rỉ rác sẽ được giữ lại dưới dạng kết tủa và lắng xuống, bùn với thành phần chủ yếu là MAP được thu hồi. Nước rỉ rác sau khi qua bể lắng để tách MAP sẽ được keo tụ để loại bỏ các thành phần chất rắn lơ lửng, giảm bớt độ màu và giảm bớt COD.

Phương pháp MAP (magnesium ammonium phosphate) là phương pháp hóa học để xử lý amoni dựa trên việc tạo kết tủa $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Phản ứng kết tủa MAP phụ thuộc nhiều vào pH của môi trường và liều lượng tác nhân phản ứng Mg^{2+} và PO_4^{3-} .

Phương pháp MAP cho hiệu quả xử lý amoni cao nhất khi kết hợp hai hóa chất $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ và H_3PO_4 khi xét cả khía cạnh kinh tế và yếu tố kỹ thuật. Hiệu suất xử lý amoni tốt nhất tại tốc độ khuấy trộn là 300 vòng/phút tại pH là 8-8,5 với tỉ lệ $\text{Mg}^{2+} : \text{NH}_4^+ : \text{PO}_4^{3-}$ là 1,1: 1: 1 hoặc 1: 1: 1,1.

- *Keo tụ:* trong nước rỉ rác có rất nhiều hạt rắn, các chất mùn, các hạt keo với nồng độ rất cao.

Kỹ thuật keo tụ có thể được sử dụng thành công trong xử lý các nước rỉ rác ở bãi chôn lấp đã ổn định và già. Nó được sử dụng như một bước tiền xử lý, trước bước ô xy hóa hoặc trước bước xử lý sinh học.

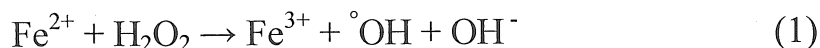
Các chất keo tụ: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, poly nhôm PAC, ...được sử dụng để keo tụ nước rỉ rác, chúng có thể sử dụng kết hợp với các chất trợ keo tụ PAA (polyme hữu cơ tích điện âm, dương) để tách các hạt keo và các chất cặn không tan trong nước rỉ rác. Trong quá trình keo tụ nước rỉ rác, các hạt keo/cặn không tan chủ yếu là thành phần hữu cơ. Các hydroxit nhôm tạo thành qua phản ứng thủy phân có khả năng hấp phụ trong chừng mực nào đó đối với chất hữu cơ tan vì vậy, cho phép giảm nồng độ COD, TOC, độ màu, axit humic, axit fulvic trong nước rỉ rác, chủ yếu là các chất hữu cơ có phân tử lượng cao (> 5000) và một số hợp chất mang màu.

- Quá trình keo tụ làm giảm lượng photphat trong nước rỉ rác (nồng độ photphat thấp) do tạo thành muối nhôm photphat khó tan, làm giảm độ kiềm và pH của nước rỉ rác.

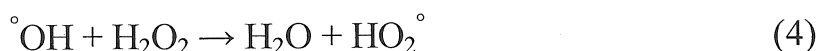
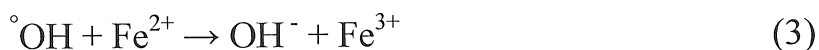
- *Ôxy hóa tiên tiến (AOPs bậc I):*

Sau công đoạn keo tụ, nước rỉ rác sẽ được kiểm tra thành phần COD và BOD₅, nếu tỷ lệ BOD₅/COD < 0,5 nghĩa là thành phần chất ô nhiễm hữu cơ khó phân hủy sinh học còn nhiều nên nước rỉ rác sẽ được đưa vào **bể oxy hóa tiên tiến bậc I** (AOPs bậc I) bằng hệ quang Fenton hay hệ Fe²⁺/H₂O₂/UV để loại bỏ các thành phần chất ô nhiễm khó phân hủy sinh học trước khi nước rỉ rác được dẫn vào tổ hợp xử lý sinh học. Còn nếu tỷ lệ BOD₅/COD > 0,5 thì nước rỉ rác sẽ được đưa trực tiếp sang Công nghệ sinh học tổ hợp.

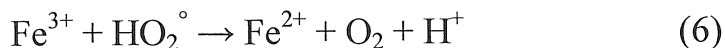
Hệ tác nhân Fenton gồm các ion sắt hoá trị II và hydrogen peroxide, chúng tác dụng với nhau sinh ra gốc tự do ([°]OH) là gốc oxi hoá mạnh ([°]OH + H⁺ + e → H₂O E₀=2,76mV). Fe²⁺ bị oxi hoá thành Fe³⁺ sau đó Fe²⁺ mất đi sẽ được tái sinh lại nhờ phản ứng giữa Fe³⁺ và H₂O₂ dư:



Gốc HO[°] sinh ra thực hiện các phản ứng (Gallard H, De Laat, Legube B, 1998):



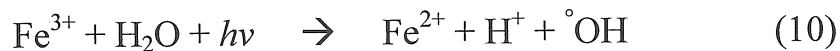
Các gốc tự do này sẽ oxi hoá các chất hữu cơ khó phân hủy sinh học có trong nước rỉ rác để tạo thành những chất hữu cơ dễ phân hủy sinh học hơn hoặc đưa về sản phẩm tận cùng là CO₂ và H₂O. Ngoài ra sự tái sinh lại Fe²⁺ còn có thể thông qua các phản ứng sau:



Trong những điều kiện tối ưu của quá trình Fenton tức khi pH thấp (pH < 4), ion Fe³⁺ phần lớn sẽ nằm dưới dạng phức [Fe³⁺(OH)]²⁺. Chính dạng này hấp thu ánh sáng UV trong miền 250 < λ < 400 nm rất mạnh, hơn hẳn so với ion Fe³⁺. Phản ứng khử [Fe³⁺(OH)]²⁺ trong dung dịch bằng quá trình quang hóa học cho phép tạo ra một số gốc hydroxyl OH^{*} phụ thêm theo các phản ứng sau:



Tổng hợp hai phản ứng trên sẽ được:



Phản ứng này là phản ứng đặc trưng của quá trình quang Fenton. Tiếp theo sau phản ứng (10) sẽ là phản ứng Fenton thông thường (1). Do đó, nhờ tác dụng bức xạ của UV, ion sắt được chuyển hóa trạng thái Fe^{3+} sang Fe^{2+} và sau đó ngược lại, Fe^{2+} sang Fe^{3+} bằng quá trình Fenton thông thường tạo thành một chu kỳ không dừng (khác với quá trình Fenton thông thường là quá trình xảy ra chậm dần lại do Fe^{2+} chuyển một chiều thành Fe^{3+} cho đến khi không còn Fe^{2+} trong dung dịch).

So với quá trình Fenton thông thường, quá trình quang Fenton xảy ra tạo gốc ${}^\circ\text{OH}$ được phát triển rất thuận lợi. Nếu tổ hợp hai phương trình (1) và (6) sẽ được 2 gốc ${}^\circ\text{OH}$ tạo thành từ một phân tử H_2O_2 . Đó chính là lợi thế ưu việt của quá trình quang Fenton trong xử lý nước rỉ rác.

- **Mô đun 2: công nghệ sinh học tổ hợp (hay còn gọi là mô đun tổ hợp sinh học):** gồm các phản ứng sinh học nhiều bậc sử dụng đệm chuyển động AAOA-MBBRs:

Thuyết minh sơ đồ:

Mô đun sinh học tổ hợp được thiết kế ở dạng hợp khối với cấu trúc dòng vào và ra các bể tối ưu nhất, cho phép giảm tối đa đường ống chuyển nước, điều này dẫn tới việc giảm chi phí đầu tư cho đường ống và phụ kiện, đặc biệt là chi phí năng lượng của hệ sinh học. Thiết bị sinh học tổ hợp được mô tả chi tiết trong hình 3.

Mô đun sinh học tổ hợp gồm các bể:

* *Hệ bể yếm khí (Anaerobic):* gồm 2 bể yếm khí bậc I và bể yếm khí bậc II. Bể yếm khí bậc I với nhiệm vụ là thủy phân, chắt nhỏ các chất hữu cơ phân tử lớn thành dạng các chất hữu cơ có phân tử lượng nhỏ hơn hoặc các chất hữu cơ không tan thành dạng các chất hữu cơ hòa tan và sau đó là thực hiện các phản ứng lên men tạo các axit hữu cơ và H_2 . Bể yếm khí bậc II sẽ sử dụng các sản phẩm phân hủy của bể yếm khí bậc I để thực hiện quá trình lên men tạo CH_4 và CO_2 . Hệ yếm khí hai bậc cho phép dễ dàng điều khiển quá trình tối ưu hơn so

với loại hình một bậc. Ngoài ra bể còn có tác dụng loại bỏ phospho khỏi nước rỉ rác thông qua việc thải bùn hoạt tính có chứa các vi sinh vật tích lũy phospho PAOs (phosphorus accumulation organisms).

Quá trình phân hủy yếm khí chất bản có thể mô tả bằng phản ứng tổng quát:
 $(\text{CHO})_n \text{NS} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CH}_4 + \text{NH}_4 + \text{H}_2 + \text{H}_2\text{S} + \text{Tế bào vi sinh}$

Trong bể xử lý này, tầng bùn yếm khí “giả lỏng” được duy trì, và đây cũng là điểm mới và ưu việt hơn so với công nghệ khác.

* *Hệ sinh học AOOA-MBBR*: gồm 4 bể, một bể Anoxic bậc I, hai bậc phản ứng Oxic và một bể Anoxic bậc II:

- *Bể sinh học hiếu khí bậc I và bậc II (Bể oxic bậc I và bậc II)*:

+ *Bể hiếu khí bậc I (Bể Oxic I)*: xử lý các chất hữu cơ (COD , BOD_5) và nitrat hóa một phần NH_4^+ thành NO_2^- và NO_3^- .

+ *Bể hiếu khí bậc II (bể oxic II)*: thực hiện quá trình nitrat hóa triệt để, chuyển hóa phần lớn NH_4^+ thành NO_2^- và NO_3^- . Việc ô xy hóa amoni riêng rẽ có tính linh hoạt cao để kiểm soát hiệu quả của quá trình.

- *Bể thiếu khí bậc I và II (Anoxic I và Anoxic II)*: sử dụng kết hợp bể Anoxic bậc I (pre-anoxic) và Anoxic bậc II (post-anoxic) để loại bỏ triệt để lượng nitơ có trong nước rỉ rác và tận dụng được ưu điểm về tính kinh tế của bể pre-anoxic (do không phải bổ sung lượng cacbon bên ngoài) và nâng cao hiệu suất của bể post-anoxic.

+ *Bể thiếu khí bậc I (bể pre-anoxic)*: thực hiện quá trình tiền khử nitrat để khử một phần NO_3^- trong nước rỉ rác do dòng nội tuần hoàn từ bể oxic có nồng độ nitrat cao tuần hoàn về và nồng độ NO_3^- có trong nước rỉ rác đầu vào. Trong điều kiện nước rỉ rác có nồng độ BOD_5 dồi dào, bể tiền xử lý khử nitrat (bể khử nitrat bậc I) có thể đạt được hiệu suất loại bỏ nitơ tới 50%-70%.

+ *Bể thiếu khí bậc II (bể post-anoxic)*: được đặt sau cụm bể oxic hai bậc, bể này có nhiệm vụ tăng cường hiệu quả khử nitrat trong điều kiện thiếu khí (chuyển hóa $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO} \rightarrow \text{N}_2\text{O} \rightarrow \text{N}_2$) nhờ các chủng vi sinh vật dị dưỡng, chúng sử dụng nguồn các bon hữu cơ vẫn còn trong nước rỉ rác, nhằm mục đích nước rỉ rác sau xử lý đạt quy chuẩn thải với yêu cầu cao hơn.

Sau khi xử lý bằng công nghệ sinh học tổ hợp, nước rỉ rác có thể được xử lý tiếp tục bằng tổ hợp công nghệ sinh thái (bãi lọc trồng cây SSF-VF và SSF-

HF), hoặc nếu chưa đạt COD<500 mg/l sẽ tiếp tục được xử lý hóa lý bổ sung bằng hệ hóa lý tổ hợp bậc II (lọc; ô xy hóa tiên tiến AOPs bậc II, hấp phụ) để đảm bảo COD<500 mg/l, trước khi được xử lý trong tổ hợp công nghệ sinh thái, nhằm đạt quy chuẩn thải ra môi trường.

- *Công đoạn ôxy hóa tiên tiến AOPs bậc II:*

Sau xử lý bằng công nghệ sinh học tổ hợp, nước rỉ rác sẽ được kiểm tra thành phần COD, BOD₅ và SS; nếu nồng độ COD còn quá cao, COD>500 mg/l tức nước rỉ rác còn chứa nhiều thành phần COD recalcite (COD trơ) thì nước rỉ rác này tiếp tục được đưa vào: bể lọc, oxy hóa tiên tiến AOPs bậc II, bằng hệ quang Fenton hay Fe²⁺/H₂O₂/UV), bể hấp phụ bằng GAC. Các công đoạn này nhằm loại bỏ các thành phần hữu cơ khó phân hủy sinh học và COD recalcite để đảm bảo nước sau xử lý bằng công đoạn ô xy hóa này có COD<500 mg/l đủ điều kiện dẫn vào công đoạn xử lý bằng tổ hợp công nghệ sinh thái sử dụng kết hợp bãi lọc trồng cây dòng chảy đứng SSF-VF (vertical flow- VF) và bãi lọc trồng cây dòng chảy ngang SSF-HF (horizontal flow- HF).

- **Mô đun 3: tổ hợp công nghệ sinh thái:**

Sau khi được xử lý bằng thiết bị sinh học tổ hợp sử dụng đệm chuyển động AAOOA-MBBRs, nước rỉ rác được làm sạch tiếp tục trong tổ hợp công nghệ sinh thái kết hợp bãi lọc trồng cây dòng chảy đứng SSF-VF và bãi lọc trồng cây dòng chảy ngang SSF-HF hoặc được xử lý tiếp tục bằng hệ oxy hóa tiên tiến bậc II (AOPs bậc II) trước khi được xử lý bằng hệ kết hợp bãi lọc trồng cây dòng chảy đứng SSF-VF và bãi lọc trồng cây dòng chảy ngang SSF-HF, với hệ thực vật là cỏ Voi, trước khi thải ra ngoài môi trường.

Bản chất của thiết bị tích hợp công nghệ trong bản mô tả sáng chế này là đã giải mã và tích hợp được tổ hợp công nghệ hóa lý, công nghệ sinh học tổ hợp, tổ hợp công nghệ sinh thái (dựa trên bãi lọc trồng cây kiến tạo) trong dây chuyền xử lý nhằm nâng cao hiệu quả chất lượng nước rỉ rác sau xử lý và độ ổn định của công nghệ, phù hợp với điều kiện Việt Nam, thiết bị tích hợp xử lý nước rỉ rác gồm các thành phần:

- (1) Thiết bị hóa lý tổ hợp: thu hồi nitơ/xử lý nitơ bằng kỹ thuật kết tủa ở dạng muối phức MAP và kỹ thuật đuổi khí (air stripping); ô xy hóa các

chất hữu cơ khó phân hủy sinh học, các chất hữu cơ trơ, COD recalcite dạng các hợp chất hữu cơ khó phân hủy sinh học như: PCBs, Betex, phenol và các dẫn suất của phenol,..bằng phản ứng xúc tác quang Fenton/UV;

(2) Thiết bị sinh học tổ hợp: sử dụng các bể phản ứng màng sinh học nhiều bậc với đệm chuyển động AAOA – MBBRs, đây là công nghệ lai ghép giữa công nghệ bùn hoạt tính và công nghệ màng sinh học biofilme sử dụng các đệm chuyển động như các giá thể sinh học với việc sử dụng các chủng vi sinh vật bản địa có tính đặc hữu, được phân lập trong môi trường nước rỉ rác Việt Nam, giúp cho quá trình xử lý ổn định, công nghệ có khả năng chống chịu được sốc tải thủy lực, sốc tải hữu cơ và ni tơ, cho hiệu suất xử lý các bon, nitơ và photpho cao;

(3) Tổ hợp công nghệ sinh thái: sử dụng các bãi lọc trồng cây kiến tạo dòng chảy ngang (HF) với hệ thực vật là cỏ Voi, ở đây nhờ các quá trình chuyển hóa của thực vật, hệ vi sinh vật đất và hệ vi sinh vật nước mà các chất ô nhiễm trong nước rỉ rác được xử lý khá hiệu quả và triệt để trước khi được xả ra môi trường. Ngoài ra thiết bị tích hợp còn được điều khiển tự động hoá, nhằm giám sát và điều chỉnh các thông số công nghệ một cách hiệu quả trong quá trình vận hành.

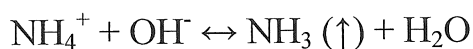
Mô đun tổ hợp hóa lý (mô đun 1) gồm :

- Kiểm hóa nước

Nước rỉ rác được kiểm hóa bằng $\text{Ca}(\text{OH})_2$ hoặc NaOH để nâng giá trị pH tới 10,5-11 nhằm đảm bảo pH cho quá trình sục đuổi khí NH_3 phía sau.

- Đuổi khí NH_3

Khi pH trong nước rỉ rác lên đến 11, cân bằng sau sẽ chuyển dịch về phía tạo ra khí NH_3 :



Tiến hành sục khí đuổi NH_3 ra khỏi nước rỉ rác trong 2 giờ. Quá trình thực nghiệm quan sát thấy hiện tượng khí NH_3 sinh ra nhiều, mùi khai;

- Kết tủa hóa học Ca^{2+} và các ion kim loại nặng

Sau quá trình đuổi khí, pH của nước rỉ rác vẫn còn cao ($\text{pH} > 10$). Rút sục khí, tạo điều kiện cho quá trình kết tủa và lắng hydroxit kim loại xảy ra. Với các kim loại nặng đặc trưng của nước rỉ rác là Cu^{2+} , Ni^{2+} , Pb^{2+} , Hg^{2+} ,... thì $\text{pH} > 9$ rất thích hợp cho phản ứng kết tủa tạo hydroxit (do bước kiểm hóa sử dụng $\text{NaOH}/\text{Ca}(\text{OH})_2$ tạo các ion OH^-).

Dạng kết tủa thứ hai: Bổ sung Na_2CO_3 , xảy ra phản ứng giữa các ion kim loại nặng và CO_3^{2-} tại nên kết tủa của muối cacbonat.

- Kết tủa amoni và thu hồi ở dạng muối kết tủa MAP

Sau khi kết tủa hydroxit/ muối cacbonat lắng, rút phần nước trong ra, điều chỉnh pH xuống 8,5-9 bằng dung dịch H_2SO_4 đặc. Tiến hành hòa trộn hóa chất (dung dịch $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ và H_3PO_4 85%) vào nước rỉ rác và khuấy nhanh. Thời gian xảy ra phản ứng tạo kết tủa MAP rất nhanh (5-8 phút). Lượng hóa chất sử dụng được tính theo phương trình hóa học sau:



Trong quá trình phản ứng này, pH của nước rỉ rác giảm, cần đo pH và điều chỉnh bằng dung dịch NaOH/CaOH . Để lắng kết tủa MAP trong thời gian 2 giờ rồi tiến hành rút nước trong, thu MAP. Phân bón MAP có thể được sử dụng để tưới cho cây trồng hoặc tận dụng cho quá trình xử lý nước rỉ rác bằng wetland.

- Keo tụ

Nước rỉ rác sau quá trình kết tủa MAP được tiến hành keo tụ. Lựa chọn chất keo tụ là PAC. Sử dụng hàm lượng PAC với nồng độ 2.000-2.500 mg/l và PAA 1%-2%. Tiến hành keo tụ theo các bước sau:

+ Khuấy trộn nước rỉ rác ở tốc độ cao, bổ sung chất keo tụ PAC, thời gian khuấy nhanh là 30 giây;

+ Tiếp theo là khuấy chậm trong 3 phút;

+ Bổ sung PAA và khuấy nhanh trong 30 giây, rồi khuấy chậm trong thời gian 5 phút;

Để các bông keo lắng, rút nước trong, kiểm tra pH và nồng độ các chất ô nhiễm trước khi đưa vào hệ sinh học.

- Ô xy hóa tiên tiến bậc I (AOPs bậc I)

Nước rỉ rác sau các bước kết tủa hóa học, kết tủa MAP và keo tụ, nếu tỷ số $BOD_5/COD < 0,5$; nghĩa là thành phần chất ô nhiễm hữu cơ khó phân hủy sinh học còn nhiều nên nước rỉ rác sẽ được đưa vào công đoạn ô xy hóa tiên tiến bậc I (AOPs bậc I) bằng hệ Fenton/UV. Fenton là hệ hỗn hợp gồm ion sắt (II) và hydroperoxit (H_2O_2), hệ tạo ra gốc OH^* rất linh động, chính gốc này sẽ phá hủy cấu trúc của các chất hữu cơ khó phân hủy tạo thành những gốc đơn giản hơn hoặc thành sản phẩm cuối cùng là H_2O và CO_2 .

- Ô xy hóa tiên tiến bậc II (AOPs bậc II)

Sau xử lý bằng công nghệ sinh học tổ hợp, nước rỉ rác sẽ được kiểm tra thành phần COD, BOD_5 và SS; nếu nồng độ COD còn quá cao, $COD > 500$ mg/l tức nước rỉ rác còn chứa nhiều thành phần COD khó phân hủy sinh học thì nước rỉ rác này tiếp tục được đưa vào các công đoạn: lọc -> ô xy hóa tiên tiến bậc II (AOPs bậc II) bằng hệ $Fe^{2+}/H_2O_2/UV$ -> hấp phụ: nhằm loại bỏ các thành phần hữu cơ khó phân hủy sinh học

Mô đun công nghệ sinh học tổ hợp (mô đun 2) gồm các bước xử lý sau:

Đây là tổ hợp các bể sinh học AAOOA-MBBR nhằm loại bỏ chất hữu cơ, nitơ và phospho

Vận hành theo sơ đồ: yếm khí->thiếu khí I-> hiếu khí I->hiếu khí II->thiếu khí II->Lắng: để loại bỏ hợp chất hữu cơ và nitơ. Các đệm chuyển động là giá thể hữu hiệu giúp tạo hệ vi sinh có nhiều tính ưu việt trong bể, có khả năng chịu được sốc tải thủy lực và tải ô nhiễm (nitơ và chất hữu cơ) khá tốt. Tỷ lệ đệm trong bể chọn là 10%-60% cũng giúp tăng cường cho quá trình chuyển khối trong các bể phản ứng sinh học.

Các chủng vi sinh vật đặc hữu trong từng bể phản ứng sinh học tùy theo chức năng có khả năng phân hủy các chất hữu cơ trong điều kiện yếm khí (loại bỏ COD, BOD_5 , TOC,...), thực hiện quá trình nitrat hóa một phần, nitrat hóa và chuyển hóa chất hữu cơ trong điều kiện hiếu khí (chuyển hóa NH_4^+ thành NO_3^- , xử lý chất hữu cơ), thực hiện quá trình khử nitrat trong điều kiện thiếu khí (chuyển hóa NO_3^- -> NO_2^- -> NO -> N_2O -> N_2) và thực hiện quá trình khử phospho bằng phương pháp sinh học);

Khi vào tổ hợp sinh học AAOOA-MBBR, đầu tiên các chất hữu cơ trong nước rỉ rác kể cả dạng hòa tan và dạng hạt sẽ được thủy phân và chuyển hóa trong ngăn yếm khí (Anaerobic reactor). Sau đó nước sẽ được chuyển sang ngăn thiếu khí bậc I (Anoxic I). Dòng từ bể yếm khí vào bể này còn khá giàu chất hữu cơ sẽ được trộn với dòng nội tuần hoàn (IR- internal return) từ bể hiếu khí bậc II (Oxic II). Bể hiếu khí bậc I (Oxic I) thực hiện ô xy hóa chất hữu cơ ($BOD_5, \dots$), ô xy hóa một phần NH_4^+ hay nitrat hóa một phần; bể hiếu khí bậc II (Oxic II) thực hiện quá trình nitrat hóa. Bể thiếu khí bậc I (Anoxic I hay pre-anoxic): thực hiện quá trình tiền khử nitrat để khử một phần NO_3^- trong nước rỉ rác do dòng nội tuần hoàn từ bể oxic có nồng độ nitrat cao tuần hoàn về và nồng độ NO_3^- có trong nước rỉ rác đầu vào. Bể thiếu khí bậc II (Anoxic II hay post-anoxic): được đặt sau cụm bể Oxic II, có nhiệm vụ tăng cường hiệu quả khử nitrat.

Mô đun tổ hợp công nghệ sinh thái (mô đun 3) gồm:

Đây là sự kết hợp của bãi lọc trồng cây không ngập nước dạng dòng chảy đứng SSF-VF và bãi lọc trồng cây không ngập nước dạng dòng chảy ngang SSF-HF.

- Bãi SSF-VF: vùng cấp nước vào và vùng trồng cây: lớp cát lọc d: 0,8-1,8 mm, dày 800 mm, có nhiệm vụ phân phối nước đầu vào; cây được trồng trong vùng này; vùng thu nước: lớp sạn d: 4-6 mm có độ dày 150 mm.
- Bãi SSF-HF: vùng cấp nước vào: lớp sạn 4-6 mm có độ dày 800 mm, có nhiệm vụ phân phối nước đầu vào; ống cấp nước được đục lỗ đều và đặt ngập trong lớp sạn. Vùng trồng cây: bao gồm một lớp cát lọc dày 800 mm, d: 0,8-1,8 mm; Vùng nước ra: tương tự như vùng nước vào, gồm một lớp sạn 4-6 mm có độ dày 800 mm, có nhiệm vụ phân phối nước đầu vào. Ống cấp nước được đục lỗ đều và đặt ngập trong lớp sạn. Ống thu nước ra được đục lỗ và nối với van điều chỉnh mực nước.

Xử lý bằng bãi lọc trồng cây không ngập nước kiến tạo nhằm giảm chi phí cho các quá trình xử lý, đồng thời tận dụng các chất dinh dưỡng hữu cơ trong nước rỉ rác như nguồn cơ chất cho hệ thực vật, hệ vi sinh vật nước và hệ vi sinh vật đất;

Bãi lọc được thiết kế gồm: hệ phân phối nước vào, bãi lọc trồng cây và hệ thu nước sau xử lý với hệ thực vật sử dụng là cỏ Voi.

Các hệ vi sinh vật đất và hệ vi sinh vật nước sẽ thực hiện các chuyển hóa các chất hữu cơ thành các chất khoáng ($\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$, SO_4^{2-} , CO_2 , H_2O ,... và năng lượng). Các khoáng chất này cũng được thực vật trong bãi lọc sử dụng tiếp tục.

Thực vật sử dụng trong bãi là cỏ Voi, có khả năng tốt để thu nhận các chất hữu cơ, các chất dinh dưỡng (N, P), các khoáng chất từ nước rỉ rác để sinh trưởng và phát triển tăng sinh khối.

Trong bãi lọc trồng cây, ở đó hệ thực vật có vai trò chính là thu nhận các chất hữu cơ, các chất dinh dưỡng, các khoáng chất của nước rỉ rác để sinh trưởng và phát triển; bên cạnh đó còn đóng vai trò là các cột thông khí trao đổi ô xy giữa không khí và khối bể lọc, giúp cho hệ vi sinh vật đất và hệ vi sinh vật nước trong bể (đặc biệt khu hệ vi sinh vật của rễ cây) có khả năng tốt để khoáng hóa các chất hữu cơ và chuyển hóa các thành phần ni tơ, loại bỏ hiệu quả COD recalcite, các chất hữu cơ trơ và các chất độc trong nước rỉ rác đáp ứng quy chuẩn thải.

Chất lượng nước sau khi xử lý đạt quy chuẩn thải QCVN25:2009/BTNMT cột B2.

Ví dụ thực hiện sáng chế:

Để xử lý 30000 lít nước rỉ rác/ngày qua thiết bị tích hợp hóa lý – sinh học – sinh thái xử lý nước rỉ rác bao gồm 3 mô đun 1, 2, 3:

- Mô đun 1: tổ hợp công nghệ hóa lý bậc I (kích thước: $\text{BxLxH} = 1,8 \times 6,0 \times 1,5 \text{ m}$):

+ Bước 1: Nước rỉ rác được bơm vào bể điều chỉnh pH, tại đây chất kiềm hóa $\text{Ca}(\text{OH})_2$ được bơm vào, với lượng là 300 lít nước $\text{Ca}(\text{OH})_2$ nồng độ 5%-30 %; kích thước bể $\text{BxLxH} = 0,8 \times 1,0 \times 1,5 \text{ m}$.

+ Bước 2: Trong bể đuổi khí, không khí được cấp vào bể từ máy thổi khí; kích thước bể $\text{BxLxH} = 1,0 \times 1,0 \times 1,5 \text{ m}$.

+ Bước 3: Trong bể kết tủa hóa học, các kim loại nặng trong nước rỉ rác sẽ phản ứng với kiềm và Na_2CO_3 . Để kết tủa các kim loại nặng trong nước rỉ rác ở dạng muối cacbonat cần 90 lít Na_2CO_3 nồng độ 3%-10%; kích thước bể $\text{BxLxH} = 0,8 \times 1,0 \times 1,5 \text{ m}$.

+ Bước 4: Trong bể phản ứng kết tủa MAP, để kết tủa và thu hồi nitơ trong nước rỉ rác ở dạng muối MAP, cần cho vào nước rỉ rác một lượng là 120 lít H_3PO_4 nồng độ 5%-30% và 120 lít MgCl_2 nồng độ 5%-30%; kích thước bể $\text{BxLxH} = 0,8 \times 1,0 \times 1,5 \text{ m}$.

+ Bước 5: Để keo tụ các hạt keo trong nước rỉ rác, cần đưa chất keo tụ PAC vào nước rỉ rác trong bể, với lượng là 180 lít PAC nồng độ 5%-30%; kích thước bể $\text{BxLxH} = 0,8 \times 1,0 \times 1,5 \text{ m}$.

+ Bước 6: Để thực hiện các phản ứng AOPs bậc I, nhằm oxy hóa các chất hữu cơ khó phân hủy sinh học trong nước rỉ rác, cần đưa vào nước rỉ rác 60 lít H_2SO_4 nồng độ 3%-10%; 30 lít dung dịch Fe^{2+} nồng độ 2%-20% và 90 lít H_2O_2 nồng độ 5%-30%; kích thước bể $\text{BxLxH} = 1,0 \times 1,0 \times 1,5 \text{ m}$.

- Mô đun 2: sinh học tổ hợp (kích thước: $\text{BxLxH} = 2,438 \times 6,0 \times 3,5 \text{ m}$):

+ Bước 7: Nước rỉ rác sau công đoạn xử lý bằng AOPs bậc I sẽ được dẫn sang tổ hợp công nghệ sinh học, tại đây các vi sinh vật trong tổ hợp này sẽ tiến hành phân hủy các chất hữu cơ, chuyển hóa nitơ, photpho trong nước rỉ rác và làm sạch các chất ô nhiễm này phần lớn tại đây. Kích thước bể yếm khí: $\text{BxLxH} = 2,438 \times 1,1 \times 3,5 \text{ m}$; Kích thước bể Anoxic bậc I: $\text{BxLxH} = 2,438 \times 1,0 \times 3,5 \text{ m}$; Kích thước bể hiếu khí bậc I: $\text{BxLxH} = 2,438 \times 0,9 \times 3,5 \text{ m}$; Kích thước bể hiếu khí bậc II: $\text{BxLxH} = 2,438 \times 1,1 \times 3,5 \text{ m}$; Kích thước bể Anoxic bậc II: $\text{BxLxH} = 2,438 \times 0,75 \times 3,5 \text{ m}$.

- Mô đun 1: tổ hợp công nghệ hóa lý bậc II:

+ Bước 8: lọc bằng vật liệu lọc nổi polystyrene với thể tích vật liệu 0,96 m^3 ; kích thước bể $\text{BxLxH} = 0,8 \times 1,0 \times 1,5 \text{ m}$.

+ Bước 9: Để thực hiện các phản ứng AOP bậc II nhằm oxy hóa COD recalcite, cần đưa vào nước rỉ rác: 15 lít H_2SO_4 nồng độ 3%-10%; 15 lít dung dịch Fe^{2+} nồng độ 2%-20% và 48 lít H_2O_2 nồng độ 5%-30%; kích thước bể $\text{BxLxH} = 1,0 \times 1,0 \times 1,5 \text{ m}$.

+ Bước 10: hấp phụ bằng vật liệu hấp phụ dạng GAC (granular activated carbon) với thể tích vật liệu 1,2 m^3 ; kích thước bể $\text{BxLxH} = 1,0 \times 1,0 \times 1,5 \text{ m}$.

- Mô đun 3: tổ hợp công nghệ sinh thái: công nghệ sinh thái gồm 2 bãi lọc kiến tạo, kích thước: $\text{BxLxH} = 4,2 \times 8,4 \times 0,9 \text{ m}$:

+ Bước 11: kích thước bãi lọc không ngập nước dòng chảy đứng SSF-VF:
 $B \times L \times H = 4,2 \times 4,2 \times 0,9$ m;

+ Bước 12: kích thước bãi lọc không ngập nước dòng chảy ngang SSF-HF:
 $B \times L \times H = 4,2 \times 4,2 \times 0,9$ m;

Trong các bãi lọc kiến tạo dòng chảy ngầm, nhờ chuyển hóa của thực vật, các hệ vi sinh vật đất và vi sinh vật nước, các chất ô nhiễm trong nước rỉ rác sẽ được làm sạch, chất lượng nước sau khi xử lý đạt quy chuẩn thải QCVN25:2009/BTNMT cột B2.

Hiệu quả đạt được của sáng chế:

Thiết bị tích hợp xử lý nước rỉ rác được đề xuất ở trên là khả thi để xử lý nước rỉ rác. Thiết bị này có nhiều ưu việt hơn so với các thiết bị xử lý nước rỉ rác hiện có: công đoạn kết tủa MAP cho phép thu hồi được 1,5-3,0 g MAP/lít nước rỉ rác và loại bỏ 50%-60% NH_4^+ ; Thiết bị cho phép loại bỏ hiệu quả các chất ô nhiễm hữu cơ trong nước rỉ rác với nồng độ sau xử lý của các chất tương ứng là $\text{COD} < 300$ mg/l, $\text{BOD}_5 < 50$ mg/l, tổng nitơ < 60 mg/l và $\text{N-NH}_4 < 25$ mg/l.

Chất lượng nước rỉ rác sau khi xử lý bằng thiết bị trên đạt được như sau:

TT	Thông số nước rỉ rác	Đơn vị	Chất lượng nước rỉ rác sau xử lý	Quy chuẩn QCVN25: 2009/BTN MT (Cột B2)	Quy chuẩn QCVN25: 2009/BTN MT (Cột A)	Tiêu chuẩn thải nước rỉ rác của EU
1	pH	-	6,7-8,4			6,5-9,0
2	COD	mg/l	136 - 234	300	50	150
3	BOD_5	mg/l	23,4 – 29,5	50	30	30
4	Tổng ni tơ (TN)	mg/l	15,0– 30,1	60	15	30
5	N-NH_4^+	mg/l	4,20 – 12,20	25	5	6
6	N-NO_3^-	mg/l	$< 1,0$	-	-	1
7	Tổng phospho (TP)	mg/l	3,2 – 4,67	6	-	5
8	TSS	mg/l	24 - 41	50	-	50
9	Cl^-	mg/l	-	-	-	1000

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Thiết bị tích hợp công nghệ hóa lý – sinh học – sinh thái để xử lý nước rỉ rác bao gồm 3 mô đun kết nối dòng chảy với nhau dạng hợp khối, trong đó:

(i) mô đun 1 là tổ hợp công nghệ hóa lý bao gồm cụm xử lý hóa lý bậc I và cụm xử lý hóa lý bậc II, trong đó:

- cụm xử lý hóa lý bậc I bao gồm các bể kết nối dòng chảy với nhau

bể kiềm hóa để kiềm hóa nước rỉ rác bằng $\text{Ca}(\text{OH})_2$ hoặc NaOH để nâng giá trị pH tới 10,5 – 11 để kết tủa kim loại nặng đồng thời đảm bảo pH cho quá trình đuổi khí NH_3 ;

bể đuổi khí để loại bỏ khí NH_3 ra khỏi nước rỉ rác;

bể kết tủa hóa học I để kết tủa hóa học Ca^{2+} và các ion kim loại nặng dưới dạng hydroxyt kim loại và các muối cacbonat kim loại bằng cách bổ sung Na_2CO_3 ;

bể kết tủa hóa học II để kết tủa amoni ở dạng muối kết tủa MAP bằng cách bổ sung hai chất phản ứng là MgCl_2 và H_3PO_4 , ở điều kiện pH=8-8,5;

bể keo tụ thực hiện keo tụ bằng PAC hoặc $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ để lắng bông keo trước khi đưa vào hệ sinh học, ở điều kiện pH=7-8;

bể ô xy hóa quang hóa bậc I để ô xy hóa tiên tiến AOPs bậc I sử dụng các tác nhân phản ứng là $\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}$ bằng cách bổ sung H_2O_2 và dung dịch Fe^{2+} với tác nhân ánh sáng kích thích là đèn UV, phản ứng được tiến hành trong khoảng pH=3-3,5;

- cụm xử lý hóa lý bậc II bao gồm các bể:

bể lọc thực hiện lọc bằng vật liệu lọc nổi;

bể ô xy hóa quang hóa bậc II để ô xy hóa tiên tiến AOPs bậc II sử dụng các tác nhân phản ứng là $\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}$ bằng cách bổ sung H_2O_2 và dung dịch Fe^{2+} với tác nhân ánh sáng kích thích là đèn UV để ô xy hóa các hợp chất hữu cơ khó phân hủy sinh học, COD trơ, và khử màu trong nước rỉ rác, xảy ra trong môi trường axit yếu, với pH=3-4;

bể hấp phụ: hấp phụ bằng vật liệu GAC;

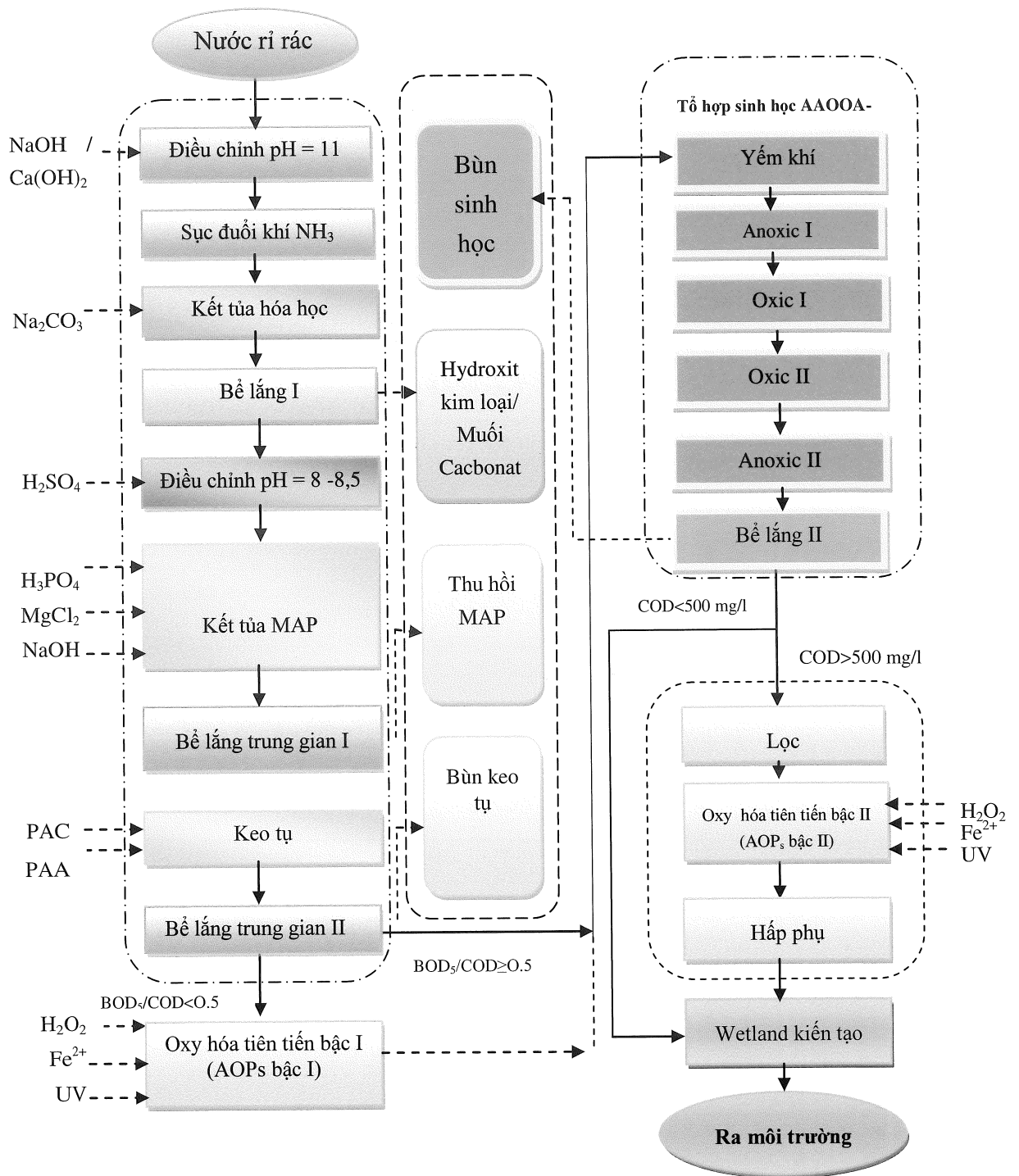
- cụm điều khiển để điều khiển nước thải cần xử lý đi vào cụm xử lý hóa lý bậc I khi tỷ số $\text{BOD}_5/\text{COD} < 0,42$ hoặc cụm xử lý hóa lý bậc II khi nước thải ra khỏi mô đun 2 có $\text{COD} > 500\text{mg/l}$;

(ii) mô đun 2 là tổ hợp công nghệ sinh học bao gồm:

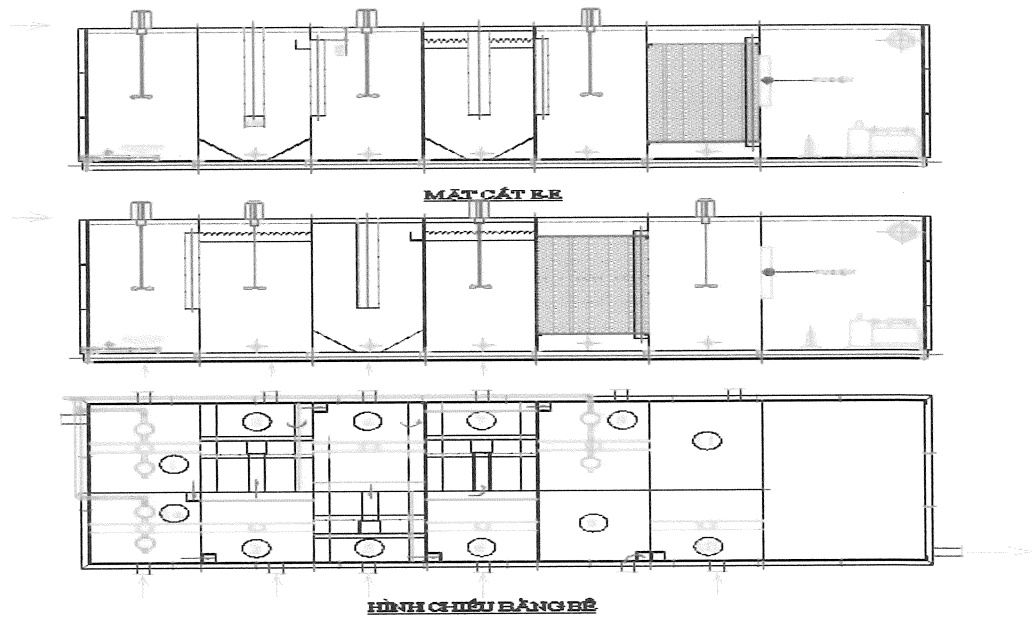
bể xử lý sinh học bằng phương pháp AAOOA-MBBR (Anaerobic anoxic oxic oxic anoxic – moving bed biofilm reactor) bao gồm các bể nối tiếp nhau: bể yếm khí, thiếu khí I, hiếu khí I, hiếu khí II, thiếu khí II, trong mỗi bể có các giá thể vi sinh chuyển động mang nguồn vi sinh vật được phân lập trực tiếp từ nước rỉ rác để loại bỏ chất hữu cơ, nitơ và photpho trong nước rỉ rác;

(iii) mô đun 3 là tổ hợp công nghệ sinh thái gồm 2 bãi lọc trồng cây, trong đó:

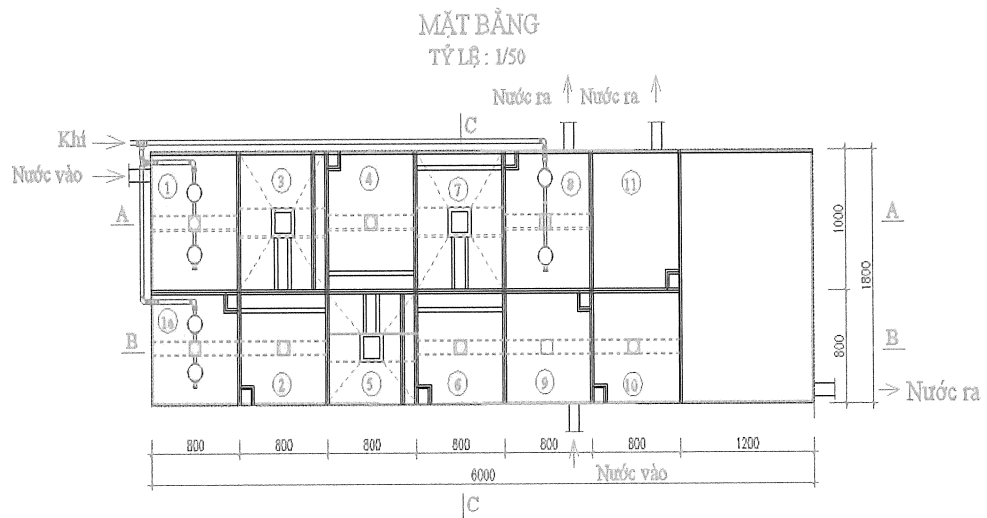
- bãi lọc trồng cây không ngập nước dòng chảy đứng để xử lý nước rỉ rác bằng bãi lọc trồng cây không ngập nước dòng chảy đứng dạng với hệ thực vật cỏ Voi (*Pennisetum purpureum*); và
- bãi lọc trồng cây không ngập nước dòng chảy ngang để xử lý nước rỉ rác bằng bãi lọc trồng cây không ngập nước dòng chảy ngang với hệ thực vật cỏ Voi (*Pennisetum purpureum*).



Hình 1. Sơ đồ công nghệ của thiết bị tích hợp hóa lý-sinh học-sinh thái xử lý nước rỉ rác

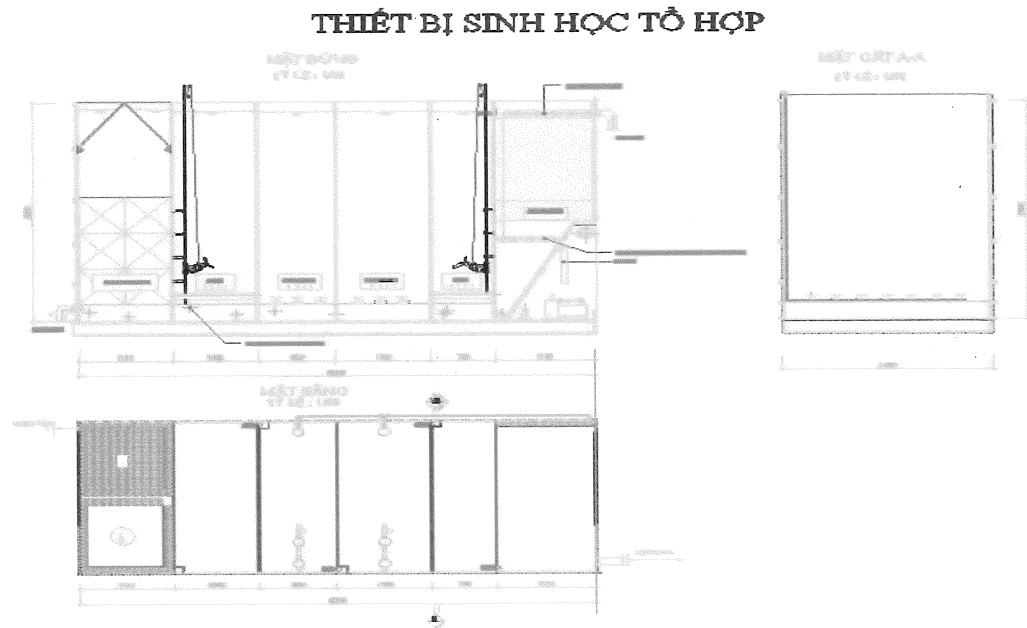


THIẾT BỊ TÍCH HỢP CÔNG NGHỆ HÓA LÝ HỢP KHỐI



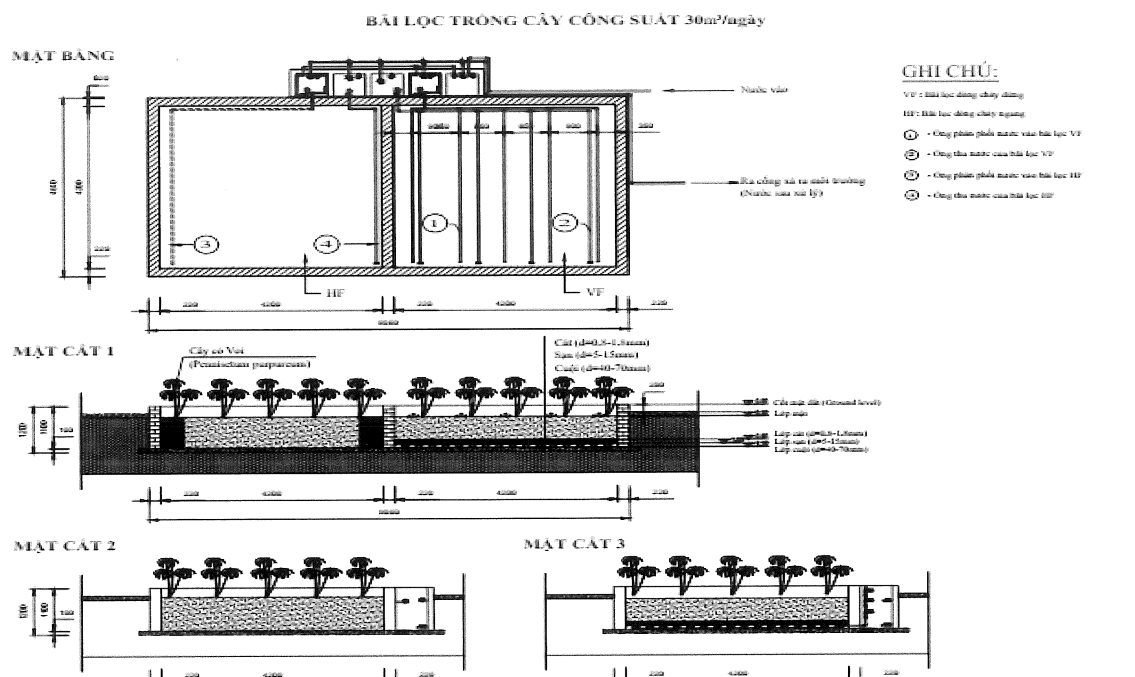
Hình 2. Mô đun tổ hợp công nghệ hóa lý

[Chú thích: 1- Bể trộn+điều chỉnh pH+stripping; 2- Kết tủa hóa học 1; 3- Lắng trung gian 1; 4- Kết tủa hóa học MAP; 5- Lắng trung gian 2; 6- Keo tụ; 7- Lắng trung gian 3; 8- Oxy hóa tiên tiến AOPs bậc 1; 9- Bể lọc (bằng vật liệu lọc nổi); 10- Oxy hóa tiên tiến AOPs bậc 2; 11- Hấp phụ GAC]



Hình 3. Mô đun sinh học tổ hợp

[Chú thích: 1- Bể yếm khí ; 2- Bể Pre-Anoxic; 3- Bể oxic 1; 4- Bể oxic 2; 5- Bể Post-Anoxic]



Hình 4. Mô đun sinh thái