

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG TỔ HỢP HÓA CHẤT XỬ LÝ Ô NHIỄM NƯỚC HỒ ĐÔ THỊ HÀ NỘI QUY MÔ PHÒNG THÍ NGHIỆM

Bùi Thị Thủy^a, Trần Thúy Anh^{b,*}, Trần Đức Hạ^b, Nguyễn Danh Tiến^c

^aKhoa Hóa và Môi trường, Trường Đại học Thủy Lợi, 175 đường Tây Sơn, quận Đống Đa, Hà Nội, Việt Nam

^bKhoa Kỹ thuật Môi trường, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội, 55 đường Giải Phóng, quận Hai Bà Trưng, Hà Nội, Việt Nam

^cViện Nghiên cứu Cấp thoát nước và Môi trường, tầng 19 tòa nhà Ngọc Khánh Plaza, 01 đường Phạm Huy Thông, quận Ba Đình, Hà Nội, Việt Nam

Nhận ngày 08/7/2021, Sửa xong 24/9/2021, Chấp nhận đăng 24/9/2021

Tóm tắt

Nghiên cứu tập trung vào đánh giá ảnh hưởng của tổ hợp hóa chất khi bổ sung vào nước hồ đô thị ở Hà Nội. Cụ thể là tỷ lệ hóa chất $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2/\text{FeCl}_3$, nồng độ của tổ hợp hóa chất canxi nitrat ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$), sắt (III) clorua (FeCl_3) và đồng (II) sunphat (CuSO_4) (4‰) và thời gian xử lý. Đối tượng nghiên cứu là nước hồ Triều Khúc và các thí nghiệm được tiến hành trong điều kiện phòng thí nghiệm. Phần mềm VISUAL MINTEQA3.1 được sử dụng để xác định sự có mặt của các ion chính khi hòa tan tổ hợp hóa chất vào trong nước. Các chỉ tiêu được đánh giá gồm có tổng chất rắn lơ lửng (TSS), độ đục, nhu cầu oxy hóa học (COD). Kết quả nghiên cứu cho thấy, hiệu suất cải thiện chất lượng nước hồ đạt giá trị tối ưu khi cho tổ hợp hóa chất $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2/\text{FeCl}_3 = 1:1$ (v/v) tại nồng độ 0,5 M trong khoảng thời gian xử lý là 3 giờ. Trong điều kiện này, hiệu quả xử lý TSS, độ đục, COD là ~ 77%, ~ 82% và ~ 85%. Kết quả từ nghiên cứu này khẳng định rằng việc sử dụng tổ hợp hóa chất bao gồm $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ và FeCl_3 khi bổ sung CuSO_4 (4‰) sẽ là giải pháp hiệu quả kiểm soát chất lượng nước hồ đô thị Hà Nội.

Từ khóa: phú dưỡng; cải thiện chất lượng nước hồ; canxi nitrate; sắt (III) clorua; xử lý bằng hóa chất.

RESEARCH IN LAB SCALE ON THE ADDITION OF CHEMICAL COMBINATIONS FOR TREATMENT OF HANOI URBAN LAKE WATER POLLUTION

Abstract

This research focused on assessing the effects of chemical combinations when adding them to Hanoi urban lakes. We particularly evaluated the appropriate concentration of calcium nitrate $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, iron (III) chloride FeCl_3 and copper (II) sulfate CuSO_4 (4‰), the ratio of $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2/\text{FeCl}_3$, and the treatment time. The object of the study was Trieu Khuc Lake and the experiments were conducted under laboratory conditions. Water quality parameters were assessed including total suspended solids (TSS), turbidity, chemical oxygen demand (COD), and algae density. The results showed that the treatment efficiency reached the highest value when adding $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2/\text{FeCl}_3$ ratio (v/v) of 1:1 with the concentration of chemicals 0.5 M and the treatment time of 3 hours. Under that condition, the removal efficiencies of TSS, turbidity, COD and the reduction of algal density were approximately 77%, 82%, 85%, and 56%, respectively. Therefore, the combination of calcium nitrate, iron (III) chloride under the addition of copper (II) sulfate will be an effective solution to ameliorate water quality of Hanoi urban lakes.

Keywords: eutrophication; lake water quality improvement; calcium nitrate; iron (III) chloride; chemical treatment.

[https://doi.org/10.31814/stce.huice\(nuce\)2021-15\(4V\)-10](https://doi.org/10.31814/stce.huice(nuce)2021-15(4V)-10) © 2021 Trường Đại học Xây dựng Hà Nội (ĐHXDHN)

*Tác giả đại diện. Địa chỉ e-mail: anhtt2@nuce.du.vn (Anh, T. T.)

1. Giới thiệu

Hồ nội đô có vai trò quan trọng trong hệ thống thoát nước và tạo môi trường cảnh quan cho đô thị. Hà Nội hiện nay có 125 hồ trong 12 quận nội thành [1]. Phần lớn các hồ này tiếp nhận nước mưa và nước thải khu vực xung quanh, kết hợp với bùn cặn lắng đọng trong thời gian dài không được nạo vét nên hồ bị phú dưỡng, chế độ oxy và chất lượng nước hồ suy giảm dẫn đến ô nhiễm trầm trọng. Các hồ chưa được tách nước thải mức độ ô nhiễm phần lớn ở trạng thái α -mesosabrobe [2]. Các hồ đô thị Hà Nội hiện nay là các hồ nông (sâu từ 1,5 đến 3,5 m), diện tích nhỏ (phần lớn diện tích từ 2 đến 6 ha) với mức độ ô nhiễm cao [3].

Để giải quyết tình trạng ô nhiễm, thành phố Hà Nội đã có những biện pháp cấp thiết và hiệu quả để cải thiện chất lượng nước hồ nội thành như: tách nước thải và nạo vét một số hồ, thả thảm thủy trúc kết hợp với lắp đặt hệ thống vòi phun nước trên mặt hồ, ... [4]. Hiện nay, các hồ có diện tích từ 0,5 đến 20 ha ở Hà Nội đang được chia ra thành 3 nhóm hồ theo các hình thức quản lý và kiểm soát ô nhiễm hồ khác nhau. Nhóm I gồm các hồ được tách nước thải, có kè bờ và nạo vét theo các dự án thoát nước của Hà Nội. Nhóm II gồm các hồ được kè bờ và tách một phần nước thải ra khỏi hồ. Nhóm III: các hồ chưa được tách nước thải và chưa được nạo vét. Do lượng nước thải xả vào hồ khác nhau nên các nhóm hồ sẽ có thành phần tính chất khác nhau.

Từ năm 2016, Công ty TNHH Thoát nước Hà Nội đã sử dụng chế phẩm tổng hợp hóa chất oxy hóa khử 3 hợp phần Redoxy-3C để xử lý ô nhiễm, góp phần cải thiện chất lượng nước cho 86 hồ nội thành [5], trong đó phần lớn các hồ là loại hồ được cải tạo và tách nước thải. Sau xử lý, nhiều hồ trong số đó duy trì được chất lượng nước mức B1 theo QCVN 08-MT:2015/BTNMT. Tuy nhiên Redoxy-3C là chế phẩm phải nhập từ Cộng hòa Liên bang Đức có giá thành lớn. Mặt khác, đặc điểm vật lý, chất lượng nước và trầm tích các hồ khác nhau nên dùng một loại chế phẩm cùng thành phần tổng hợp hóa chất cho tất cả các loại hồ đô thị là khó khăn và phức tạp.

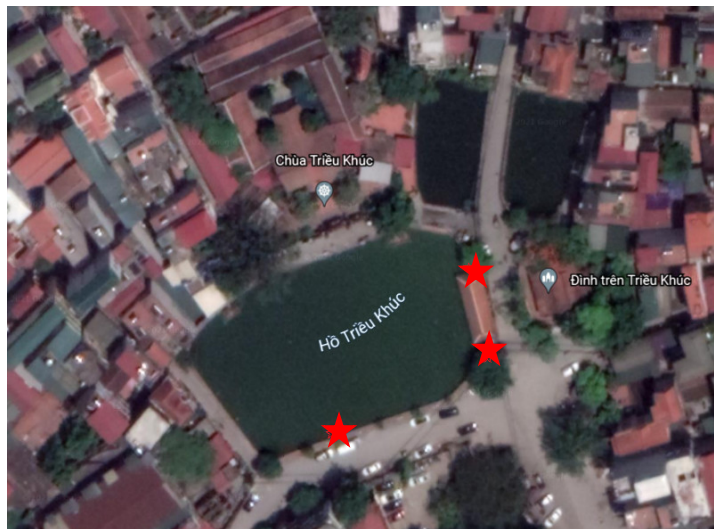
Trước đây, Riplox và cs. đã sử dụng tổng hợp hóa chất với FeCl_3 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ và các hóa chất khác để xử lý ô nhiễm trong hồ Lillesjon (Thụy Điển), là một hồ nông rộng 4,2 ha, với kết quả là xử lý được ô nhiễm nước hồ và đặc biệt là ngăn ngừa được phú dưỡng do kim hãm photpho liên kết với sắt không cho tái xuất vào nước hồ. Sự tạo thành các bông keo từ các chất ô nhiễm và các ion hoặc các thành phần hóa chất mang điện tích dương khi hòa tan $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ và FeCl_3 trong nước và sự thâm nhập của ion NO_3^- vào trong bùn lắng, tạo điều kiện cho vi khuẩn phản nitrate hóa ô-xi hóa các chất hữu cơ là các quá trình chính diễn ra trong quá trình xử lý [6]. Bên cạnh đó, muối đồng sunphat CuSO_4 được bổ sung vào nước hồ để kìm hãm sự phát triển của tảo và các phù du thực vật khác. Tảo trong môi trường sẽ bị ảnh hưởng khi hàm lượng Cu^{2+} gây độc trong nước dao động từ $0,001 \div 4,0$ mg/L [7]. Trên cơ sở này, các nghiên cứu sau đã tiếp tục triển khai xử lý ô nhiễm một số hồ ở Đức, Thụy Điển, Brazil, ... [8–11]. Tại Việt Nam, Hạ và cs. (2017) đã dùng quy trình Riplox kết hợp bổ sung chế phẩm hóa học LOLO-pH104 để thử nghiệm xử lý ô nhiễm nước hồ Hữu Tiệp-B52 (Hà Nội) thuộc nhóm hồ đã được tách một phần nước thải trước khi vào hồ. Từ bị ô nhiễm nặng, chất lượng nước hồ được cải tạo để đảm bảo mức B1 của QCVN 08-MT:2015/BTNMT [12]. Như vậy tổng hợp hóa chất trên nền quy trình Riplox có thể ứng dụng để xử lý ô nhiễm các hồ đô thị. Các hóa chất tham gia trong tổng hợp này ít gây nguy hại với môi trường và là những loại thông dụng dễ kiếm trên thị trường. Tuy nhiên, nghiên cứu về ứng dụng hóa chất trên nền quy trình Riplox cho các hồ đô thị tại Việt Nam mới chỉ được thực hiện cho 1 hồ (Hồ Hữu Tiệp – B52). Thành phần hóa chất trong tổng hợp này thay đổi khi sử dụng cho từng loại hồ, phụ thuộc vào đặc điểm vật lý và chế độ thủy lực của hồ, tình trạng ô nhiễm của hồ. Do đó, rất cần thêm các nghiên cứu tương tự để xây dựng tổng hợp hóa chất thích hợp nhất, tùy theo các loại hồ khác nhau nhằm đạt được hiệu suất xử lý tốt nhất. Từ đó, hướng tới mục tiêu áp dụng rộng rãi tổng hợp hóa chất trên nền Riplox để cải thiện chất lượng nước hồ, góp phần bảo vệ môi trường.

Nghiên cứu được tiến hành trong phòng thí nghiệm để xây dựng tổ hợp hóa chất trên nền quy trình Riplox với mục đích cải thiện chất lượng nước hồ. Trong nghiên cứu bước đầu sử dụng tổ hợp hóa chất bao gồm 2 thành phần chính: $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ và FeCl_3 . CuSO_4 cũng được đưa vào một lượng nhỏ để ngăn chặn quá trình phát triển của tảo. Nghiên cứu áp dụng xử lý ở quy mô phòng thí nghiệm cho nước hồ Triều Khúc thuộc nhóm hồ còn tiếp nhận toàn bộ nước thải từ khu vực xung quanh.

2. Đối tượng, phương pháp nghiên cứu

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu là hồ Triều Khúc, có diện tích khoảng 1500 m^2 , thuộc xã Tân Triều, Triều Khúc Hà Nội, có tọa độ tại $20^\circ 58' 47'' \text{N } 105^\circ 48' 00'' \text{E}$ (Hình 1). Hồ hiện nay đang tiếp nhận nước thải từ làng nghề Triều Khúc (chủ yếu là các hoạt động tái chế, thu gom sản phẩm nhựa, sơ chế lông vũ và làm phụ liệu may mặc) với 3 ống xả trực tiếp vào hồ. Đây là hồ chưa được cải tạo, lớp bùn trầm tích lắng đọng lớn, không nằm trong danh sách xử lý ô nhiễm bằng tổ hợp chế phẩm Redoxy-3C của Công ty TNHH Thoát nước Hà Nội.



Hình 1. Vị trí hồ Triều Khúc trên Google Map
(Các vị trí xả thải được đánh dấu sao trên hình ảnh)

Bề mặt hồ có còn tồn đọng rất nhiều rác thải bị xả thải bừa bãi do ý thức người dân. Bên cạnh đó, hồ có hàm lượng tảo và các chỉ tiêu thông số chất lượng nước hồ cao hơn so với các hồ đô thị hiện nay [1]. Với các đặc điểm nêu trên, hồ Triều Khúc là đại diện cho nhóm hồ đô thị ở Hà Nội đang tiếp nhận toàn bộ chất thải từ môi trường xung quanh. Vì thế, hồ Triều Khúc được lựa chọn để thực hiện các thí nghiệm nhằm cải thiện các thông số ô nhiễm của nước hồ (Hình 2).

2.2. Hóa chất thí nghiệm

Trong nghiên cứu bước đầu sử dụng tổ hợp hóa chất bao gồm 2 thành phần chính: $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ và FeCl_3 , bên cạnh đó, CuSO_4 cũng được đưa vào một lượng nhỏ đến ngăn chặn quá trình phát triển của tảo. Trong đó:



Hình 2. Hiện trạng chất lượng nước hồ Triều Khúc

Canxi nitrat $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ là hợp chất muối vô cơ được tạo thành dưới sự liên kết của 1 kim loại Ca^{2+} và 2 nhóm NO_3^{2-} , khối lượng phân tử là 236,149 g/mol. Muối có dạng hạt tròn nhỏ không màu, hút ẩm mạnh từ không khí và thường thấy ở dạng ngậm 4 phân tử nước. Có khối lượng riêng là 2,504 g/cm³ (khan) và nóng chảy ở 561°C. Hoà tan tốt trong nước, với độ hòa tan trong nước đạt 1212 g/L ở 20°C, để ngoài không khí dễ bị chảy nước.

Hóa chất sắt (III) clorua ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) là hợp chất muối vô cơ được tạo thành dưới liên kết của 1 kim loại Fe^{3+} và 3 nhóm Cl^- , khối lượng phân tử là 270,33 g/mol. Muối có màu cam đến nâu đen, thường thấy ở dạng ngậm 6 phân tử nước. Sắt (III) clorua có khối lượng riêng là 1,82 g/cm³ và nóng chảy ở 37°C. Sắt (III) clorua ít hòa tan trong nước, không thể cháy được và khi ẩm ướt, nó ăn mòn nhôm và hầu hết các kim loại. Sắt (III) clorua khi thủy phân ít bị ảnh hưởng của nhiệt độ và và giới hạn pH rộng (từ 2 ~ 12).

Sunphat đồng $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ là muối vô cơ được tạo thành dưới liên kết của 1 kim loại Cu^{2+} và 1 nhóm SO_4^{2-} , khối lượng phân tử là 249,68 g/mol. Muối có màu xanh lam, thường thấy ở dạng ngậm 5 phân tử nước. Đồng sunphat có khối lượng riêng là 2,284 g/cm³ và nóng chảy ở 150°C. Đồng sunphat ngậm 5 phân tử nước hòa tan tốt trong methanol (10,4 g/L ở 18°C).

2.3. Tiến hành thí nghiệm

a. Lấy nước hồ và xác định chất lượng nước hồ trước khi xử lý

Nước hồ được lấy ở độ sâu 15 - 20 cm tại vị trí gần cổng xả khu vực chùa và đình làng Triều Khúc trong điều kiện trời quang, không nắng, nhiệt độ môi trường khoảng 20°C, sau đó mang về phòng thí nghiệm. Số lượng mẫu lấy một ngày khoảng 10 L, thời gian lấy mẫu từ ngày 9/9/2020 đến ngày 20/3/2021. Bình lấy mẫu thể tích 5 L, tráng qua bình đựng 3 lần bằng nước hồ, lấy nước, cho nước chảy đầy miệng chai và đậy nắp lại. Mẫu nước được sử dụng trong vòng 24 tiếng kể từ lúc lấy.

Sau khi lấy nước hồ ban đầu về, tiến hành đo các thông số cơ bản có trong mẫu nước (pH, COD, độ oxy hòa tan, độ đục) theo các phương pháp hiện hành [13]. Sau đó, so sánh các thông số của hồ Triều Khúc với giá trị giới hạn B1 của Quy chuẩn về chất lượng nước mặt QCVN 08-MT:2015/BTNMT nhằm xác định tình trạng chất lượng ban đầu của nước hồ [14]. Kết quả so sánh nước hồ Triều Khúc với giá trị giới hạn B1 (Dùng cho mục đích tưới tiêu, thủy lợi và các mục đích khác) của QCVN 08-MT:2015/BTNMT ở Bảng 1 cho thấy chất lượng nước hồ Triều Khúc trước khi xử lý đang bị ô nhiễm bởi các chất cặn lơ lửng và các chất hữu cơ. Tổng chất rắn lơ lửng có trong mẫu nước rơi vào khoảng 80 mg/L cao gần gấp đôi so với quy chuẩn về chất lượng nước mặt. Bên cạnh đó, nồng độ COD có trong nước hồ Triều Khúc trước khi xử lý rất cao, khoảng 133 mg/L và cao hơn gấp 10 lần so với quy chuẩn. Hàm lượng COD cao trong nước hồ Triều Khúc có thể được giải thích bởi hồ phải

tiếp nhận một lượng nước thải sinh hoạt ở khu vực dân cư xung quanh. Từ số liệu cho thấy, nước hồ Triều Khúc đã bị ô nhiễm hữu cơ và cần có biện pháp để kiểm soát các thông số chất lượng nước.

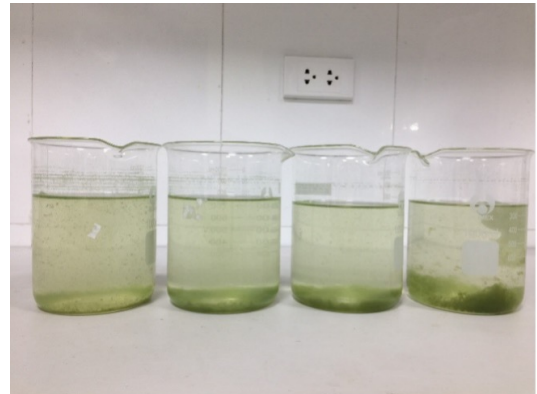
Bảng 1. So sánh giá trị đầu vào của các thông số chất lượng nước hồ Triều Khúc ban đầu với giá trị giới hạn B1 của QCVN 08-MT:2015/BTNMT

Thông số	Đơn vị	Giá trị		Kết quả so sánh
		Nước hồ Triều Khúc trung bình (min – max)	QCVN 08-MT:2015/ BTNMT [14]	
pH		6,8 (5,5 – 7,8)	5,5 – 9	Đạt
Tổng chất rắn lơ lửng	mg/L	80 (70 – 98)	50	Không đạt
COD	mg/L	133 (104 – 152)	30	Không đạt
Oxy hòa tan	mg/L	6,2 (5,5 – 7)	≥ 4	Đạt
Độ đục	NTU	150 (133 – 173)	-	-

Ghi chú: Thời điểm lấy mẫu: từ ngày 9/9/2020 đến ngày 20/3/2021; mẫu được lấy vào 8 giờ 00 phút, trong điều kiện thời tiết: trời quang, không có nắng, nhiệt độ môi trường không khí khoảng 23°C. Số lượng mẫu (đựng trong bình 5 L): 50 mẫu. Vị trí lấy mẫu tại khu vực gần cống xả ở giữa chùa Triều Khúc và Đình trên Triều Khúc.

b. Thí nghiệm xử lý nước hồ

Thí nghiệm xử lý nước hồ Triều Khúc được thực hiện trong phòng thí nghiệm Kỹ thuật môi trường, trường Đại học Thủy lợi (Hình 3). Các thí nghiệm được thực hiện ở chế độ tĩnh. Mẫu nước lấy về được chia sang các bình định mức có thể tích 1 L. Trong nghiên cứu này, tổ hợp hóa chất xử lý được xây dựng trong các điều kiện sau: đồng sunphat được cố định ở nồng độ $C = 4‰$; canxi nitrat và sắt (III) clorua được cho vào với các tỉ lệ và nồng độ khác nhau ($Ca(NO_3)_2 : FeCl_3$ (v/v) = 1:1; 1:2; 1:3; 1:4; nồng độ hóa chất = 0,1 M; 0,2 M; 0,5 M; 1 M); hiệu quả xử lý được đánh giá theo thời gian (1 h, 2 h, 3 h, 4 h). Mỗi mẻ thí nghiệm được lặp lại 3 lần, kết quả thu được được biểu diễn ở dạng trung bình cộng và độ lệch chuẩn. Sau khoảng thời gian xử lý theo từng mẻ thí nghiệm, phần nước trong được lấy mẫu với thể tích 100 mL để xác định các chỉ tiêu như nồng độ ô-xi hòa tan (DO), tổng lượng chất rắn lơ lửng (TSS), độ đục, pH, nhu cầu ô-xi hóa học (COD) và mật độ tảo. Trong đó, chỉ tiêu DO được xác định bằng máy đo nồng độ ô-xi hòa tan Prosolo, model: YSI – 603069; chỉ tiêu độ đục được xác định bằng máy đo độ đục HACH 2100Q; chỉ tiêu TSS được xác định bằng phương pháp đo quang thông qua máy HACH DR3900; chỉ tiêu COD được xác định theo TCVN 6491:1999 [13]. Bảng 2 tổng hợp điều kiện thực hiện và các chỉ tiêu đánh giá hiệu quả xử lý trong phòng thí nghiệm đối với nước hồ Triều Khúc.



Hình 3. Hình ảnh thí nghiệm xử lý nước hồ Triều Khúc trong phòng thí nghiệm Kỹ thuật môi trường, trường Đại học Thủy lợi (ảnh chụp ngày 20/3/2021)

Bảng 2. Tổng hợp điều kiện thí nghiệm xử lý nước hồ Triều Khúc bằng tổ hợp hóa chất canxi nitrate và sắt clorua dưới sự có mặt của đồng sunphat 4‰

Điều kiện thí nghiệm	Mô tả
Xác định tỷ lệ hóa chất tối ưu	Tỷ lệ hóa chất $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 : \text{FeCl}_3 = 1:1; 1:2; 1:3; 1:4;$ Nồng độ đồng sunphat $C = 4‰$ Nồng độ hóa chất $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ và $\text{FeCl}_3: C = 0,1 \text{ M};$ Thời gian theo dõi $t = 1 \text{ h};$ Chế độ thí nghiệm: tĩnh $\text{pH} = 6,4 \sim 7,6$ Chỉ tiêu đánh giá: độ đục, TSS, COD
Xác định nồng độ hóa chất tối ưu	Tỷ lệ hóa chất $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 : \text{FeCl}_3 \text{ (v/v)} = 1:1;$ Nồng độ đồng sunphat $C = 4‰$ Nồng độ hóa chất $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ và $\text{FeCl}_3: C = 0,1 \text{ M}; 0,2 \text{ M}; 0,5 \text{ M}; 1 \text{ M};$ Thời gian theo dõi $t = 1 \text{ h};$ Chế độ thí nghiệm: tĩnh $\text{pH} = 6,4 \sim 7,6$ Chỉ tiêu theo dõi: độ đục, TSS, pH, COD
Xác định thời gian xử lý tối ưu	Tỷ lệ hóa chất $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 : \text{FeCl}_3 = 1:1;$ Nồng độ đồng sunphat $C = 4‰$ Nồng độ hóa chất $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ và $\text{FeCl}_3: C = 0,5 \text{ M};$ Thời gian theo dõi $t = 1 \text{ h}, 2 \text{ h}, 3 \text{ h}, 4 \text{ h};$ Chế độ thí nghiệm: tĩnh $\text{pH} = 6,4 \sim 7,6$ Chỉ tiêu theo dõi: độ đục, TSS, COD.

2.4. Xác định mức độ phân li của tổ hợp hóa chất bằng phần mềm Visual MINTEQ

Ngoài ra, trong nghiên cứu này còn sử dụng phần mềm Visual MINTEQ 3.1 để xác định mức độ phân li của các hóa chất khi cho vào nước; làm cơ sở để xác định cơ chế xử lý của tổ hợp hóa chất trong quá trình xử lý nước hồ. Phần mềm Visual MINTEQ sử dụng phương pháp cân bằng điện tích và khối lượng để mô phỏng sự có mặt của các ion kim loại, xác định độ hòa tan, độ hấp phụ, độ mạnh ion, xác định trạng thái hay các pha tồn tại của các chất trong dung dịch, khảo sát sự cân bằng của các chất ô-xi hóa – khử thường gặp, xác định liên kết của các ion với bề mặt ô-xít và các chất hữu cơ thông qua mô hình tạo phức [15]. Phần mềm này được áp dụng rộng rãi trong lĩnh vực hóa học và môi trường bằng cách mô phỏng các thành phần hóa chất ảnh hưởng đến cơ chế xử lý của một quá trình. Tuy nhiên, để đảm bảo độ tin cậy của kết quả xuất ra từ phần mềm, các điều kiện biên cần được mô tả chi tiết và chính xác. Ngoài ra, một số hợp chất hóa học hữu cơ phức tạp không có trong danh lục hóa chất của phần mềm, đòi hỏi người sử dụng phải thiết lập ngân hàng/danh sách hóa chất riêng.

Trong nghiên cứu này, để áp dụng phần mềm Visual MINTEQ, các thông số đầu vào được thiết lập bằng cách chọn các ion $\text{Ca}^{2+}, \text{NO}_3^-, \text{Fe}^{3+}, \text{Cl}^-$ trong thư mục component name và đưa vào trong danh sách các ion thêm vào trong nước qua thư mục “add to list”. Các điều kiện biên dùng để xác định mức độ phân li của tổ hợp hóa chất khi hòa tan trong nước bao gồm: nhiệt độ (được thiết lập ở 25°C), đơn vị nồng độ là M, pH được chạy trong khoảng 6,4 đến 7,6 (Hình 4), độ ion của dung dịch

được tính toán sau các lần chạy. Từ kết quả xuất dưới dạng file excel, số liệu sẽ được xử lý để xác định sự có mặt của các ion chính khi hòa tan tổ hợp hóa chất vào trong nước (Hình 5).



Hình 4. Giao diện để nhập các thông số đầu vào của phần mềm Visual MINTEQ

Problem no.	pH	Fe+3	NO3-1	Ca+2	CaNO3+
		Log Concentration	Log Concentration	Log Concentration	Log Concentration
1	6.400	-7.126	-0.088	-0.643	-0.735
2	6.600	-7.453	-0.088	-0.645	-0.738
3	6.800	-7.674	-0.087	-0.646	-0.739
4	7.000	-8.266	-0.087	-0.647	-0.740
5	7.200	-8.683	-0.087	-0.647	-0.740
6	7.400	-9.054	-0.087	-0.647	-0.740
7	7.600	-9.468	-0.087	-0.648	-0.740

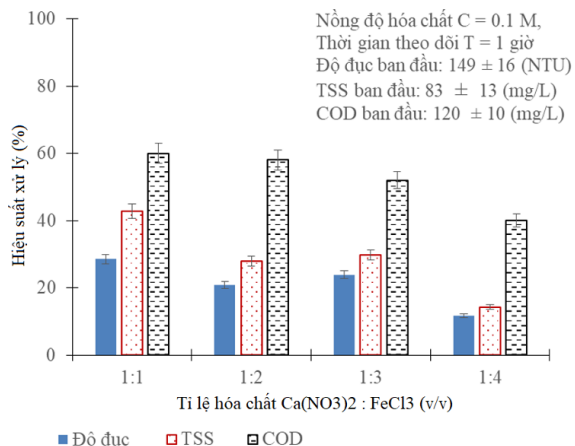
Hình 5. Kết quả ứng dụng Visual MINTEQ phân tích nồng độ các ion có trong mẫu nước hồ Triều Khúc sau khi bổ sung tổ hợp hóa chất của quy trình Riplox

3. Kết quả và thảo luận

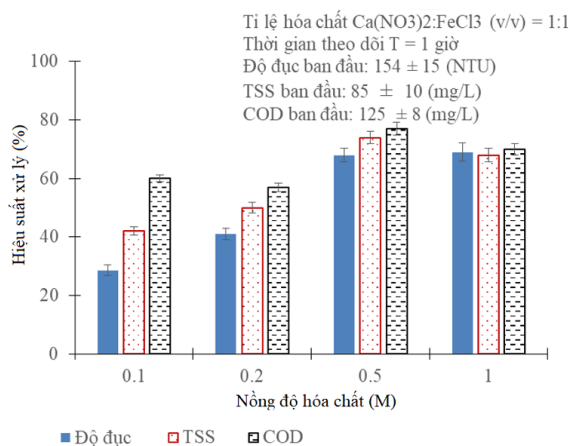
3.1. Kết quả thí nghiệm

Kết quả nghiên cứu trong phòng thí nghiệm cho thấy hiệu suất cải thiện chất lượng nước hồ Triều Khúc bị ảnh hưởng bởi các yếu tố như tỷ lệ hóa chất $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 : \text{FeCl}_3$, nồng độ tổ hợp hóa chất cho vào nước và thời gian xử lý. Các mẻ thí nghiệm (lặp lại 3 lần) nhằm xác định điều kiện tối ưu của tổ hợp hóa chất gồm $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, FeCl_3 và CuSO_4 (4%) được thực hiện lần lượt và cho kết quả như thể hiện trên Hình 6, 7, và 8.

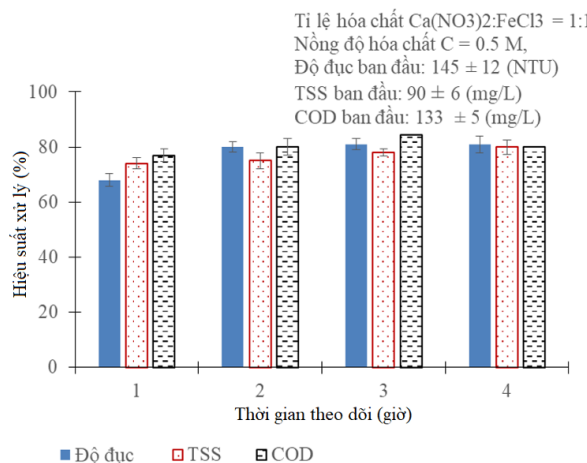
Theo kết quả từ Hình 6, trong điều kiện nồng độ hóa chất cho vào nước hồ đạt 0,1 M, sau khoảng thời gian xử lý 1 h thì tỷ lệ hóa chất $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 : \text{FeCl}_3 = 1:1$ sẽ cho hiệu quả xử lý lớn nhất với hiệu suất loại bỏ độ đục $\sim 28 \pm 1,8\%$, TSS $\sim 42 \pm 2,4\%$ và COD $\sim 60 \pm 1,2\%$. Khi cho FeCl_3 vào nước, trong nước hồ sẽ diễn ra quá trình keo tụ và các chất hữu cơ được keo tụ sẽ lắng xuống. Trong thí nghiệm này, nhóm tác giả tăng dần liều lượng FeCl_3 về tỷ lệ thể tích so với $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ để kiểm tra giới hạn nồng độ của sắt (III) clorua cần cho keo tụ. Với tỷ lệ 1:1, 1:2, 1:3, 1:4 cho vào, FeCl_3 vẫn có tác dụng keo tụ cận hữu cơ trong nước, COD trong nước sau xử lý có giảm. Khi tăng FeCl_3 , FeCl_3 gây



Hình 6. Ảnh hưởng của tỷ lệ hóa chất Ca(NO₃)₂ : FeCl₃ (v/v) đến hiệu suất loại bỏ TSS, độ đục và COD



Hình 7. Ảnh hưởng của nồng độ tổ hợp hóa chất đến hiệu suất loại bỏ TSS, độ đục và COD



Hình 8. Ảnh hưởng của thời gian xử lý đến hiệu suất loại bỏ TSS, độ đục và COD

màu và không lắng được. Mặt khác, điều kiện xáo trộn không hoàn toàn, dẫn đến FeCl₃ còn lại trong nước tăng, quá trình keo tụ bị ảnh hưởng, cặn lơ lửng và chất hữu cơ không lắng được. Vì thế, hiệu suất loại bỏ độ đục, TSS và COD có xu hướng giảm dần khi tăng sắt (III) clorua lên. Theo kết quả từ Hình 6, trong điều kiện tỷ lệ hóa chất Ca(NO₃)₂ : FeCl₃ = 1:1, thời gian xử lý 1 h thì hiệu quả cải thiện chất lượng nước hồ Triều Khúc đạt giá trị lớn nhất khi nồng độ tổ hợp hóa chất C ≥ 0,5 M; tương ứng với hiệu suất xử lý độ đục đạt ~ 68 ± 2,3%, TSS đạt ~ 74 ± 2% và COD đạt ~ 77 ± 2,2%.

Theo kết quả từ Hình 7, thời gian xử lý cho hiệu suất ổn định đối với các thông số độ đục, TSS, và COD đối với nước hồ Triều Khúc là khoảng 3 giờ khi cho tổ hợp hóa chất với Ca(NO₃)₂ : FeCl₃ = 1:1 và nồng độ 0,5 M.

Dựa vào kết quả thực nghiệm đo các thông số chất lượng nước trước và sau khi xử lý cho thấy các điều kiện tối ưu nhất trong quá trình xử lý chất lượng nước hồ:

- Tỷ lệ hóa chất Ca(NO₃)₂ : FeCl₃ = 1:1;
- Nồng độ tổ hợp hóa chất C_m = 0,5 M;
- Thời gian xử lý t = 3 h.

Bảng 3 tổng hợp giá trị các thông số thể hiện chất lượng nước hồ Triều Khúc sau khi đã bổ sung tổ hợp hóa chất $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2:\text{FeCl}_3 = 1:1$ ở $C_m = 0,5 \text{ M}$ và thời gian xử lý $t = 3$ giờ. Theo bảng ta có thể thấy, sau quá trình xử lý, các thông số nước hồ Triều Khúc đều nằm trong giới hạn cho phép được quy định trong QCVN 08-MT:2015/BTNMT, cột B1. So với thông số chất lượng nước đầu vào, hàm lượng chất rắn lơ lửng đã giảm trung bình 69,31%, độ đục giảm trung bình 81% và nhu cầu lượng oxy hóa học giảm trung bình 84,96%.

Bảng 3. So sánh giá trị của các thông số chất lượng nước hồ Triều Khúc sau xử lý với giá trị giới hạn B1 của QCVN 08-MT:2015/BTNMT

Thông số	Đơn vị	Giá trị		Kết quả so sánh
		Nước hồ Triều Khúc	QCVN 08-MT:2015/BTNMT	
pH		7,66	5,5 – 9	Đạt
Tổng chất rắn lơ lửng	mg/L	28	50	Đạt
COD	mg/L	19,33	30	Đạt
Oxy hòa tan	mg/L	7,23	≥ 4	Đạt
Độ đục	NTU	18	-	-

3.2. Thảo luận chung

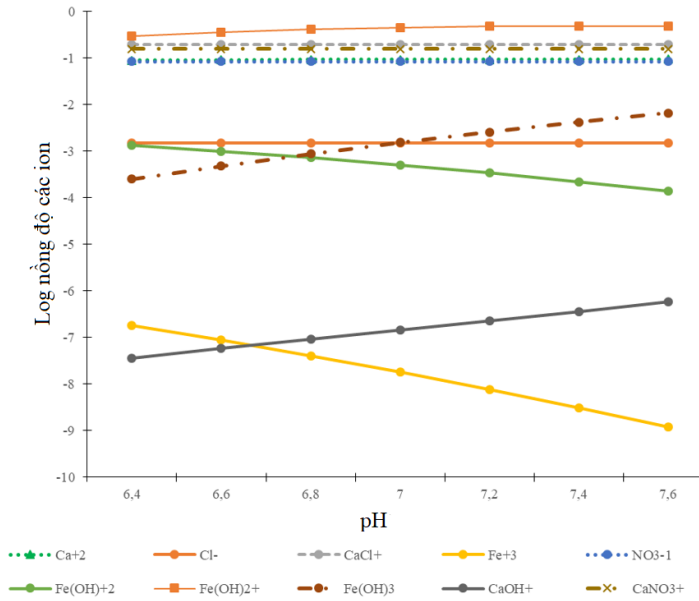
Trong nghiên cứu này, ứng dụng Visual MINTEQ được sử dụng để xác định các ion chính có trong nước khi cho các hợp chất FeCl_3 và $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ tại một nồng độ nhất định, ví dụ như $C = 0,5 \text{ M}$ theo pH dao động từ 6,4 đến 7,6 trong suốt quá trình tiến hành thí nghiệm. Sau khi nhập số liệu và tính toán bằng ứng dụng Visual MINTEQ, xuất file excel bảng số liệu như kết quả trong Bảng 4 và Hình 9.

Bảng 4. Bảng nồng độ các thành phần các hợp chất có mặt khi cho $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ và FeCl_3 nồng độ 0,5 M theo pH

pH	Log nồng độ các ion chính									
	Ca^{+2}	Cl^-	CaCl^+	Fe^{+3}	NO_3^{-1}	$\text{Fe}(\text{OH})_2^{+2}$	$\text{Fe}(\text{OH})_2^{+}$	$\text{Fe}(\text{OH})_3$	CaOH^+	CaNO_3^{+}
6,4	-1,054	-0,822	-0,715	-6,737	-0,074	-2,883	-0,534	-3,602	-7,441	-0,805
6,6	-1,043	-0,822	-0,715	-7,054	-0,074	-3,000	-0,452	-3,319	-7,241	-0,805
6,8	-1,037	-0,822	-0,715	-7,391	-0,074	-3,137	-0,389	-3,056	-7,041	-0,805
7	-1,034	-0,822	-0,715	-7,749	-0,074	-3,295	-0,347	-2,814	-6,841	-0,805
7,2	-1,032	-0,822	-0,715	-8,127	-0,074	-3,473	-0,324	-2,592	-6,641	-0,805
7,4	-1,032	-0,822	-0,715	-8,519	-0,074	-3,664	-0,316	-2,383	-6,441	-0,805
7,6	-1,031	-0,822	-0,715	-8,920	-0,074	-3,866	-0,317	-2,184	-6,241	-0,805

Từ Bảng 4 và Hình 9, có thể nhận thấy trong điều kiện pH từ 6,4 đến 7,6, trong nước tồn tại các thành phần ion chính là $\text{Fe}(\text{OH})_2^{+}$, $\text{Fe}(\text{OH})_2^{+2}$, $\text{Fe}(\text{OH})_3$, CaCl^+ và CaNO_3^{+} . Kết quả mô phỏng từ phần mềm Visual MINTEQ cho biết sự có mặt của các thành phần ion chính có thể đóng vai trò đáng kể trong quá trình xử lý nước hồ.

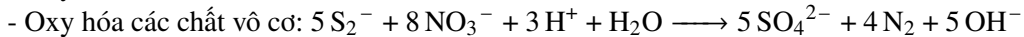
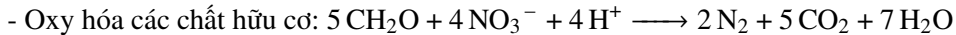
Độ đục và TSS giảm đáng kể là do sự có mặt của FeCl_3 trong tổ hợp hóa chất. Khi tổ hợp hóa chất được cho vào nước, các chất sẽ phân li và tạo thành các ion dạng hòa tan. Sự tồn tại của các ion chính là yếu tố quyết định đến hiệu suất xử lý của quá trình. Sự có mặt của $\text{Fe}(\text{OH})_2^{+}$, $\text{Fe}(\text{OH})_2^{+2}$ và $\text{Fe}(\text{OH})_3$ sẽ đóng vai trò quan trọng trong việc kết hợp với các chất lơ lửng có mặt trong nước, tạo thành bông



Hình 9. Log nồng độ các thành phần chính có mặt trong nước khi cho $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ và FeCl_3 vào trong nước

keo có kích thước lớn hơn và có khả năng lắng nhanh. Các ion CaCl^+ , $\text{Fe}(\text{OH})_2^+$, $\text{Fe}(\text{OH})^{+2}$ sẽ liên kết với các cặn bẩn có điện tích âm trong nước, dưới tác dụng của lực hút tĩnh điện để tạo thành các bông keo. Trong khi đó, $\text{Fe}(\text{OH})_3$ kết tủa có điện tích dương có vai trò là các cầu nối giữa các cặn bẩn trong nước [16]. $\text{Fe}(\text{OH})_3$ lắng xuống sẽ kéo theo các chất rắn lơ lửng và làm trong nước.

Thành phần chính trong tổ hợp hóa chất đưa vào bùn đáy là $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ tan nhiều trong nước và tồn tại cho đến khi được vi khuẩn sử dụng. Kết quả phân tích từ phần mềm Visual MITEQ cho thấy, khi hòa tan $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ vào trong nước, ion NO_3^- và CaNO_3^+ được cho là chiếm ưu thế. Nitrat được ưu tiên làm chất nhận điện tử vì ở trạng thái lỏng: dung dịch thâm nhập vào trầm tích dễ dàng hơn và do đó hiệu quả hơn việc thêm oxy vào hypolimnion. Đây là nguồn oxy để vi khuẩn *denitrificans* kỵ khí tùy tiện hô hấp, thực hiện quá trình khử nitrat để oxy hóa chất hữu cơ. Trong suốt quá trình làm thí nghiệm, không thấy phát sinh mùi hôi chứng tỏ $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ đã ngăn chặn sự hình thành hydro sunfua (H_2S) thông qua các phản ứng:



Với sự kết hợp của tổ hợp hóa chất gồm thành phần chính là FeCl_3 và $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, chất lượng nước hồ Triều Khúc được cải thiện. Tuy nhiên, kết quả ban đầu này mới bước đầu chứng minh hiệu quả của tổ hợp hóa chất trong điều kiện thí nghiệm đối với nước hồ sau xử lý. Để áp dụng tổ hợp hóa chất này xử lý cho các hồ đô thị cần tiến hành thêm các nghiên cứu đánh giá đặc điểm của lớp bùn cặn trầm tích và mật độ tảo sau xử lý [17–19].

4. Kết luận

- Đối với hồ Triều Khúc thuộc nhóm hồ đô thị chưa được nạo vét và đang tiếp nhận toàn bộ nước thải từ khu vực xung quanh, điều kiện tối ưu trong phòng thí nghiệm là tỷ lệ thể tích của hóa chất thuộc tổ hợp Riplox $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 : \text{FeCl}_3 = 1:1$ ở nồng độ 0,5 M với thời gian xử lý $t = 3$ h. Với điều kiện nêu trên, hiệu quả xử lý các chỉ tiêu chất lượng nước như độ đục đạt ~ 82%, TSS đạt ~ 77%, COD đạt ~ 85%.

- Kết hợp với kết quả nghiên cứu trước đây khi áp dụng quy trình Riplox trên hồ Hữu Tiệp (thuộc nhóm hồ đã được nạo vét nhưng vẫn đang tiếp nhận một phần nước thải) đã cho thấy việc sử dụng tổ hợp hóa chất bao gồm $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ và FeCl_3 khi bổ sung CuSO_4 4‰ sẽ là giải pháp hiệu quả kiểm soát chất lượng nước hồ đô thị.

- Các kết quả được trình bày trong bài báo mới chỉ dừng lại ở quy mô phòng thí nghiệm để bước đầu đánh giá hiệu quả xử lý ô nhiễm nước hồ đô thị ở Hà Nội bằng quy trình Riplox. Tuy nhiên để đánh giá hiệu quả ứng dụng tổ hợp hóa chất Riplox cho các hồ đô thị cần nghiên cứu tiếp tục cơ chế các quá trình liên quan (như quá trình liên kết photpho, hô hấp kị khí nhờ nitrat, ...) trong trầm tích đáy hồ cũng như xác định liều lượng CuSO_4 hợp lý, tránh ảnh hưởng không mong muốn đến hệ sinh thái và các loài thủy sinh vật. Ngoài ra, việc nghiên cứu về hiệu quả giảm phú dưỡng nước hồ đô thị (chlorophyll a, mật độ tảo, chỉ số TSI) cũng cần được đưa vào nghiên cứu ở giai đoạn tiếp theo.

Tài liệu tham khảo

- [1] Công ty TNHH Thoát nước Hà Nội (2016). *Báo cáo đánh giá hiệu quả xử lý nước của chế phẩm Redoxy-3C tại một số hồ ở Hà Nội*.
- [2] Nguyễn, N. X., Hạ, T. Đ. (2004). *Chất lượng nước sông hồ và bảo vệ môi trường nước*. Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật.
- [3] Sở Tài nguyên và Môi trường Hà Nội (2016). *Đề án cải tạo, bảo tồn và xây dựng mới các hồ đô thị theo quy hoạch thoát nước Thủ đô Hà Nội đến năm 2030 và tầm nhìn đến năm 2050; đề xuất các dự án ưu tiên giai đoạn 2015-2016*.
- [4] Hạ, T. Đ. (2009). *Làm giàu oxy qua các đập tràn hồ Yên Sở*. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (KHCN XD) - ĐHXDHN*, 3(2).
- [5] Hạ, T. Đ. (2018). Phú dưỡng và bồi lắng các hồ chứa nước cấp sinh hoạt. *Cấp thoát nước*, 3(119):43–47.
- [6] Ripl, W. (1976). Biochemical oxidation of polluted lake sediment with nitrate: a new lake restoration method. *Ambio*, 132–135.
- [7] Hạ, T. Đ. (2016). *Hồ đô thị: Kiểm soát ô nhiễm và quản lý kỹ thuật*. Nhà xuất bản Xây dựng.
- [8] Ripl, W., Lindmark, G. (1978). Ecosystem control by nitrogen metabolism in sediment. *Vatten*.
- [9] Willenbring, P. R., Miller, M. S., Weidenbacher, W. D. (1984). [Reducing sediment phosphorus release rates in Long Lake through the use of calcium nitrate](#). *Lake and Reservoir Management*, 1(1):118–121.
- [10] Wauer, G., Gonsiorczyk, T., Casper, P., Koschel, R. (2005). [P-immobilisation and phosphatase activities in lake sediment following treatment with nitrate and iron](#). *Limnologica*, 35(1-2):102–108.
- [11] Yamada, T. M., Sueitt, A. P. E., Beraldo, D. A. S., Botta, C. M. R., Fadini, P. S., Nascimento, M. R. L., Faria, B. M., Mozeto, A. A. (2012). [Calcium nitrate addition to control the internal load of phosphorus from sediments of a tropical eutrophic reservoir: Microcosm experiments](#). *Water Research*, 46(19):6463–6475.
- [12] Hạ, T. Đ., Xing, J., Minh, N. V., Anh, V. T., Tuấn, P. (2017). Cải thiện chất lượng môi trường nước hồ đô thị bằng phương pháp Riplox kết hợp chế phẩm hóa học Lolo-pH 104. *Tạp chí Môi trường*, 1:6–10.
- [13] TCVN 6491:1999 (ISO 6060:1989). *Chất lượng nước - xác định nhu cầu oxy hoá học*.
- [14] QCVN 08-MT:2015/BTNMT. *Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia về chất lượng nước mặt*. Bộ Tài nguyên và Môi trường.
- [15] Gustafsson, J. P. *Visual MINTEQ 3.1*. Truy cập ngày 26/6/2021.
- [16] Bui, T. T., Nguyen, D. C., Han, M. (2019). [Average size and zeta potential of nanobubbles in different reagent solutions](#). *Journal of Nanoparticle Research*, 21(8).
- [17] Perrow, M. R., Davy, A. J. (2002). *Handbook of Ecological Restoration*. Cambridge University Press.
- [18] Cooke, G. D., Welch, E. B., Peterson, S., Nichols, S. A. (2016). *Restoration and Management of Lakes and Reservoirs*. CRC Press.
- [19] Hickey, C. W., Gibbs, M. M. (2009). [Lake sediment phosphorus release management—Decision support and risk assessment framework](#). *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 43(3):819–856.