



Nghiên cứu xử lý nước cấp sinh hoạt bằng công nghệ phóng điện vàng quang kết hợp keo tụ tạo bông

Nguyễn Văn Dũng*, Trần Phạm Đăng Huy, Phan Thị Thúy Vy, Phạm Văn Toàn

Đại học Cần Thơ, Ba Tháng Hai, Xuân Khánh, Ninh Kiều, Cần Thơ, Việt Nam

Nhận ngày 25 tháng 8 năm 2018

Chỉnh sửa ngày 24 tháng 10 năm 2018; Chấp nhận đăng ngày 07 tháng 12 năm 2018

Tóm tắt: Bài báo này trình bày các kết quả nghiên cứu về việc xử lý nước cấp sinh hoạt từ nước sông bằng phương pháp phóng điện vàng quang kết hợp keo tụ tạo bông. Phóng điện vàng quang được tạo ra bởi hệ thống điện cực trụ đồng trục với điện cực ngoài dạng lưới tại điện áp khoảng 10 kV và tần số 31 kHz. Công suất tổng của hệ thống đo được là 90 W. Lưu lượng nước qua buồng xử lý là 4L/P. Nước được xử lý theo mẻ, với suất tiêu thụ điện là 1,125 kWh/m³. Kết quả thí nghiệm cho thấy sự kết hợp giữa ozone và UV được tạo ra từ phóng điện vàng quang có hiệu quả cao trong việc xử lý coliforms. Công đoạn tiền xử lý bằng keo tụ tạo bông ảnh hưởng lớn đến hiệu quả xử lý tổng thể của mô hình. Các chỉ tiêu của nước sau khi xử lý đạt tiêu chuẩn QCVN 02:2009/BYT. Tuy nhiên phương pháp xử lý này đồng thời cũng làm gia tăng nồng độ NO₃⁻ trong nước sau xử lý.

Từ khóa: Nước sinh hoạt, keo tụ tạo bông, ozone, tia cực tím, phóng điện vàng quang.

1. Đặt vấn đề

Hiện nay tại một số vùng nông thôn của Đồng bằng sông Cửu Long nước sinh hoạt đạt qui chuẩn vệ sinh còn thấp. Tỷ lệ người chưa tiếp cận được nước sinh hoạt đạt QCVN02:2009/BYT chiếm khoảng 63% [1]. Đa phần các hộ dân sử dụng trực tiếp nguồn nước mặt bị ô nhiễm từ sông và kênh rạch làm nước sinh hoạt sau khi đi qua công đoạn xử lý sơ bộ bằng phèn. Theo kết quả quan trắc cho thấy nguồn nước mặt trên các sông Tiền và sông Hậu bị nhiễm bản chất hữu cơ và vi sinh [2]. Do đó

việc nghiên cứu và phát triển một công nghệ xử lý nước cấp sinh hoạt với qui mô hộ gia đình có hiệu quả, thân thiện với môi trường và có giá thành hợp lý là cần thiết.

Công nghệ ozone và UV đã được sử dụng phổ biến trong lĩnh vực xử lý nước ở một số nơi trên thế giới cũng như ở nước ta [3-6]. Đối với công nghệ này, ozone và UV được tạo ra từ hai thiết bị riêng rẽ và được thiết kế ở hai công đoạn khác nhau. Trong những năm gần đây, phóng điện vàng quang tạo plasma lạnh để xử lý nước là chủ đề thu hút sự quan tâm của nhiều nhà

*Tác giả liên hệ. ĐT.: 84-966738919.

Email: nvdung@ctu.edu.vn

<https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.4288>

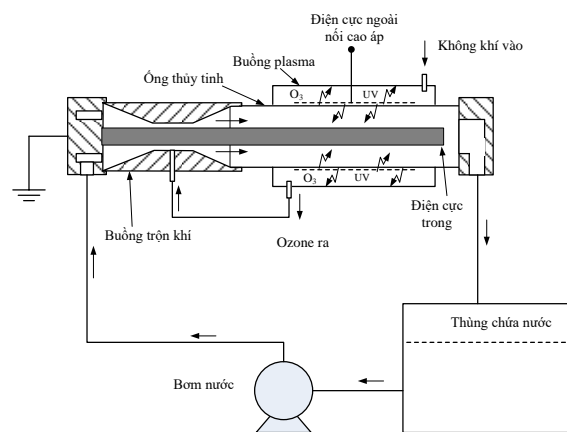
ngiên cứu [7-9]. Plasma lạnh được tạo ra từ hiện tượng phóng điện vầng quang xung sẽ tác động trực tiếp vào nước cần xử lý thông qua sự tương tác đồng thời của điện tử năng lượng cao, ozone và UV nên có hiệu quả xử lý cao. Tuy nhiên các thiết bị sử dụng công nghệ phóng điện vầng quang xung kiểu này thường có qui mô xử lý lớn và giá thành đắt. Nguyên nhân là do cần phải trang bị các bộ nguồn cao áp tạo xung nhọn biên độ rất lớn (25÷30 kV) nhưng độ rộng xung rất nhỏ (1÷100 ns)[7-9]. Do đó, để có thể áp dụng ở qui mô xử lý hộ gia đình và có giá thành hợp lý, nghiên cứu này sẽ tiến hành khảo sát khả năng xử lý nước của công nghệ phóng điện vầng quang tác động gián tiếp vào nước cần xử lý thông qua ozone và UV.

2. Bố trí thí nghiệm và trình tự thí nghiệm

2.1. Mô hình thí nghiệm

Sơ đồ mô hình thí nghiệm xử lý nước được mô tả ở Hình 1. Mô hình bao gồm 01 buồng plasma nối kết chung với một buồng trộn khí hoạt động theo nguyên lý Venturi. Nước đầu vào từ thùng chứa được bơm vào buồng trộn khí với lưu lượng 4L/P. Buồng plasma được tạo thành từ hệ thống điện cực trụ đồng trục và được cách điện bằng ống thủy tinh. Điện cực trong được chế bằng thép không gỉ (inox) và điện cực ngoài được làm từ lưới inox. Xung quanh điện cực ngoài là khoang kín chứa ozone. Điện áp cao (10 kV) được đặt lên hệ thống điện cực sẽ làm xuất hiện phóng điện vầng quang xung quanh điện cực ngoài tạo nên môi trường plasma lạnh. Môi trường plasma lạnh này sẽ bao gồm các điện tử năng lượng cao, ozone và UV... Tuy nhiên chỉ có UV và ozone sẽ tác động vào nước bên trong buồng plasma. UV được tạo ra do hiện tượng phóng điện vầng quang trong không khí có bước sóng trong khoảng 300 nm đến 400 nm[10]. Lượng UV tạo ra này sẽ xuyên qua ống thủy tinh để tác động vào nước cần xử lý. Đồng thời ozone sinh ra sẽ được hút vào buồng trộn khí do hiệu ứng Venturi. Tại đây ozone được hòa trộn vào nước cần xử lý dưới dạng các bọt khí. Dưới tác động đồng thời của ozone và UV, coliforms sẽ bị

tiêu diệt. Đồng thời, sắt và amoni sẽ bị oxy hóa. Sau khi qua buồng plasma, nước sẽ theo đường ống trở về thùng chứa. Trong quá trình thí nghiệm, nước cần xử lý sẽ được luân chuyển tuần hoàn giữa thùng chứa và buồng plasma trong khoảng thời gian định trước và kết thúc thí nghiệm.



Hình 1. Mô hình bố trí thí nghiệm.

2.2. Mẫu nước thí nghiệm

Mẫu nước thí nghiệm được lấy tại sông Cần Thơ, xã Mỹ Khánh, huyện Phong Điền, Thành phố Cần Thơ. Thể tích nước cần cho 1 lần thí nghiệm là 12L. Số lần lặp lại của thí nghiệm là 03. Mẫu nước được đo các chỉ tiêu chất lượng trước và sau khi xử lý với mô hình. Đầu tiên, nước sông được lọc thô để loại bỏ rác và các tạp chất có kích thước lớn. Sau đó nước được xử lý với phen sắđể tạo phản ứng keo tụ. Thời gian cần thiết để hoàn thành quá trình keo tụ, tạo bông và lắng là 45 phút. Kết tủa hình thành từ quá trình tạo bông lắng xuống đáy thùng. Sau đó chiết lấy phần nước trong bên trên để cung cấp cho mô hình thí nghiệm. Thí nghiệm được thực hiện với hai loại mẫu nước là không xử lý keo tụ và keo tụ. Các chỉ tiêu chất lượng nước ở đầu vào và đầu ra của mỗi thí nghiệm được phân tích bằng những phương pháp và thiết bị được trình bày trong Bảng 1.

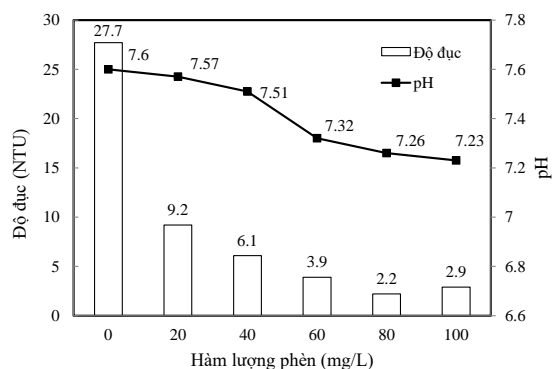
3. Kết quả nghiên cứu

3.1. Ảnh hưởng của hàm lượng phèn đến quá trình keo tụ tạo bông

Hàm lượng phèn ảnh hưởng lớn đến quá trình keo tụ tạo bông, dẫn đến sự thay đổi mạnh độ đục (NTU) và độ pH của nước như Hình 2. Liều lượng phèn thay đổi trong khoảng giá trị từ 0 mg/L đến 100 mg/L. Tại hàm lượng phèn là 80 mg/L, độ đục của nước sau keo tụ và tạo bông đo được đạt giá trị nhỏ nhất là 2,2 NTU, tương ứng với giá trị của pH là 7,26. Do đó hàm lượng phèn là 80 mg/L được chọn để thực hiện công đoạn keo tụ tạo bông trong các thí nghiệm tiếp theo.

Bảng 1. Phương pháp và thiết bị phân tích các chỉ tiêu

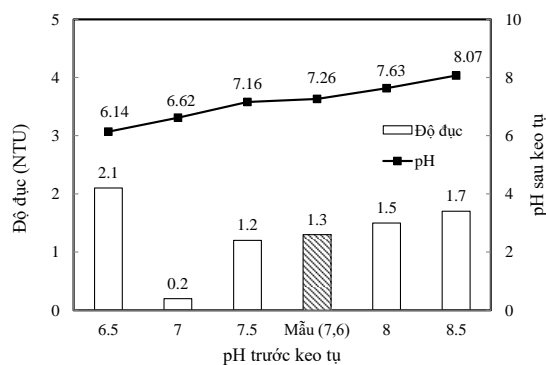
TT	Thông số	Đơn vị	Phương pháp, thiết bị
1	Ozone	mg/L	Máy đo Ozone, Hanna
2	pH	-	Máy đo pH, Hanna
3	Nitric (NO ₂ ⁻)	mg/L	Phương pháp DIAZO
4	Nitrat (NO ₃ ⁻)	mg/L	Phương pháp SALICYLATE SODIUM.
5	Độ đục	NTU	Máy đo PC Checket
6	Tổng coliforms	MPN/100ml	TCVN 6187-1,2:1996
7	Amoni	mg/L	SMEWW 4500-NH ₃ C
8	Tổng sắt	mg/L	SMEWW 3500 B-Fe
9	Chỉ số pecmanganat	mg/L	TCVN 6186:1996
10	Độ cứng	mg/L	TCVN 6224-1996
11	Clorua	mg/L	TCVN 6194-1996
12	Florua	mg/L	TCVN 6195-1996
13	Asen	mg/L	TCVN 6626:2000



Hình 2. Hàm lượng phèn tối ưu.

3.2. Ảnh hưởng của độ pH đầu vào đến quá trình keo tụ tạo bông

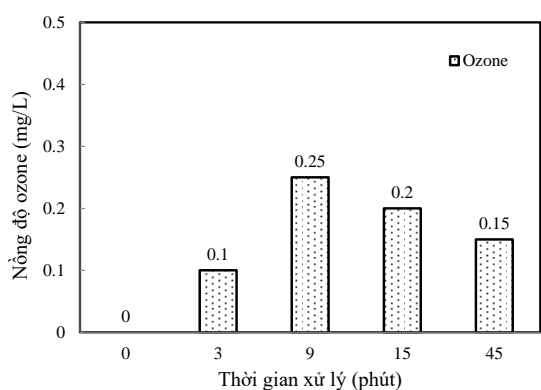
Độ pH của nước đầu vào trước khi keo tụ có ảnh hưởng đáng kể đến độ đục và độ pH của nước sau keo tụ như Hình 3. Độ đục sau xử lý đạt giá trị thấp nhất tương ứng với pH đầu vào có giá trị xấp xỉ 7,0. Giá trị pH đầu vào này đạt được thông qua việc điều chỉnh. Với mẫu nước sông không qua công đoạn điều chỉnh axit có pH ≈ 7,6 sẽ đạt được độ đục là 1,3 NTU sau khi keo tụ. Mặc dù giá trị độ đục đo được này lớn gấp 6,5 lần so với giá trị độ đục thấp nhất nhưng vẫn thấp hơn gần 4 lần so với qui định của quy chuẩn QCVN02:2009-BYT (5 NTU) [11]. Do đó các mẫu nước sông có pH ≈ 7,6 sẽ được trực tiếp đưa vào công đoạn xử lý keo tụ tạo bông mà không cần qua bước điều chỉnh độ pH.



Hình 3. Ảnh hưởng của pH trước keo tụ đến độ đục và pH sau keo tụ (hàm lượng phèn 80 mg/L).

3.3. Ảnh hưởng của thời gian xử lý đến nồng độ ozone

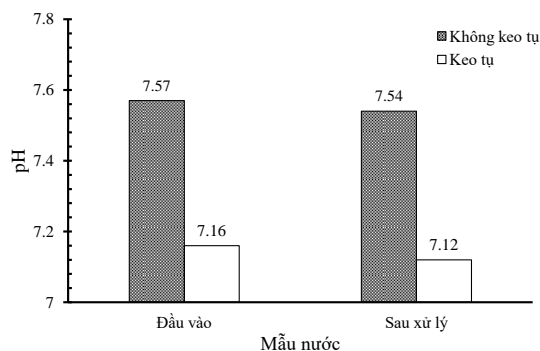
Nồng độ ozone hòa tan trong nước được đo bằng phương pháp so màu với bộ kit Hanna. Mẫu nước được lấy ngay sau khi kết thúc thời gian xử lý. Nồng độ ozone hòa tan trong nước phụ thuộc mạnh vào thời gian xử lý của mô hình (Hình 4). Lượng ozone hòa tan trong nước đạt cao nhất (0,25 mg/L) ứng với thời gian xử lý là 9 phút tương ứng với số lần toàn bộ thể tích mẫu nước thí nghiệm được luân chuyển qua buồng plasma là 3. Khi thời gian xử lý tăng lên hàm lượng ozone trong nước có xu hướng giảm. Kết quả tương tự đã được trình bày tại nghiên cứu trước đây [12]. Do đó mốc thời gian 9 phút được chọn làm thông số thời gian xử lý nước của mô hình.



Hình 4. Ảnh hưởng của thời gian xử lý đến nồng độ ozone.

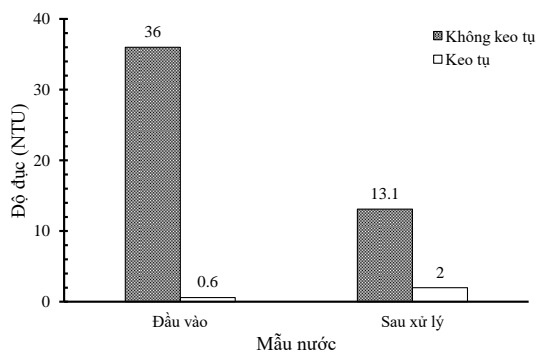
3.4. Ảnh hưởng của công nghệ phóng điện vàng quang đến các chỉ tiêu của nước sau xử lý

Sự tác động của phóng điện vàng quang đến độ pH của nước sau xử lý được cho ở Hình 5. Từ hình này ta thấy độ pH của nước qua keo tụ nhỏ hơn 5,6% so với nước không keo tụ. Độ pH của nước sau xử lý giảm không đáng kể (0,4% đối với trường hợp nước không xử lý keo tụ và 0,6% đối với nước xử lý keo tụ) và đạt quy chuẩn QCVN 02:2009/BYT (pH = 6,0 ÷ 8,5). Sự suy giảm độ pH có thể giải thích là do sự hình thành các chất như: H^+ , HNO_3 , H_2O_2 và O_2^- [13, 14].



Hình 5. Biến động pH của nước.

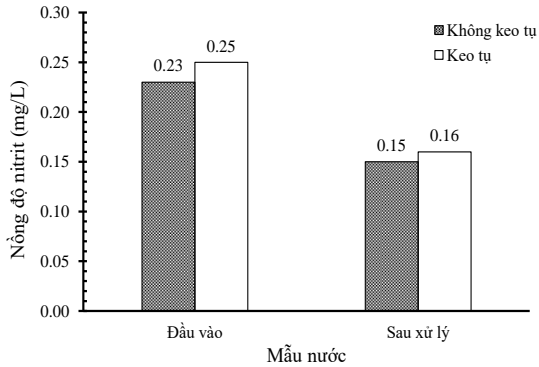
Hình 6 trình bày ảnh hưởng của phóng điện vàng quang đến độ đục của nước sau xử lý. Nhờ vào quá trình keo tụ mà độ đục của nước giảm rõ rệt từ 36 NTU xuống còn 0,6 NTU. Đối với trường hợp không keo tụ, sau xử lý độ đục của nước giảm gần 3 lần từ 36 NTU xuống còn 13,1 NTU. Ngược lại độ đục của nước sau xử lý lại tăng khoảng 3 lần từ 0,6 NTU lên 2 NTU đối với trường hợp nước qua keo tụ. Như vậy chỉ có độ đục của nước sau xử lý với đầu vào được keo tụ mới đạt qui chuẩn QCVN02:2009/BYT. Sự gia tăng độ đục sau xử lý có thể giải thích là do sự oxy hóa ion sắt (II) hòa tan trong nước thành hydroxyt sắt (III) không tan.



Hình 6. Biến động của độ đục của nước.

Nồng độ NO_2^- trong nước sau xử lý giảm như Hình 7. Đối với trường hợp không keo tụ nồng độ nitrit giảm 34,8% từ 0,23 mg/L xuống 0,15

mg/L. Tương tự, nồng độ nitrit giảm 36% từ 0,25 mg/L xuống 0,16 mg/L trong trường hợp keo tụ.



Hình 7. Biến động của nồng độ nitrit trong nước.

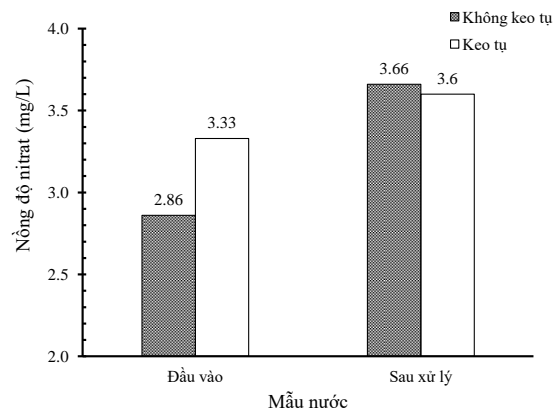
Như vậy hàm lượng nitrit trong nước sau xử lý trong cả hai trường hợp đều đạt yêu cầu theo QCVN01:2009/BYT (giới hạn tối đa: 3 mg/L) [15]. Sự suy giảm nồng độ nitrit sau xử lý được giải thích là do sự oxy hóa của nitrit thành nitrat dưới tác động của ozone hòa tan trong nước.

Hình 8 trình bày sự thay đổi của nồng độ NO_3 trong nước sau xử lý. Sau khi xử lý nồng độ nitrat tăng đáng kể. Đối với trường hợp không keo tụ, nồng độ nitrat tăng từ 2,86 mg/L lên 3,66 mg/L (tăng 28%). Xu hướng tương tự xảy ra đối với trường hợp nước qua xử lý keo tụ nhưng yếu hơn, nồng độ nitrat sau xử lý chỉ tăng 10% từ 3,33 mg/L lên 3,66 mg/L. Hàm lượng nitrat của nước sau xử lý của cả hai trường hợp đều đạt theo qui chuẩn QCVN01:2009/BYT (giới hạn tối đa: 50 mg/L). Sự gia tăng hàm lượng nitrat trong nước là do quá trình phóng điện vàng quang trong không khí sẽ tạo nên oxit nitơ NO_x (NO , NO_2). Khi NO_x kết hợp với nước/hơi nước sẽ tạo thành axit nitric. Ngoài ra sự gia tăng hàm lượng nitrat còn do một lượng nitrit và amoni bị oxy hóa thành.

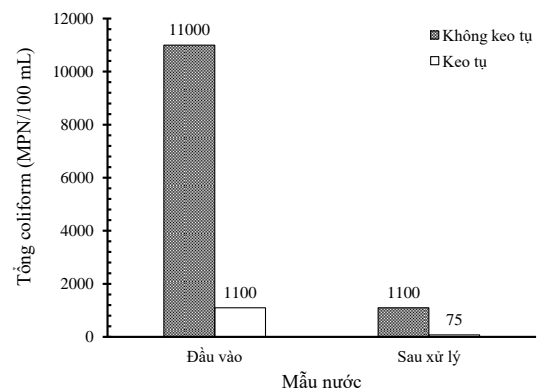
Kết quả thí nghiệm cho thấy qui trình xử lý diệt coliforms hiệu quả (Hình 9). Tổng coliforms giảm mạnh sau khi xử lý. Đối với trường hợp nước không keo tụ, sau xử lý tổng coliforms giảm 90% từ 11.000 (MPN/100 ml) xuống còn 1.100 (MPN/100 ml). Đối với nước qua keo tụ, tổng coliforms của nước sau xử lý giảm 93,2%

từ 1.100 (MPN/100 ml) xuống còn 75 (MPN/100 ml). Như vậy đối với mẫu nước đầu vào không qua keo tụ, chỉ tiêu coliforms của nước sau xử lý không đạt QCVN02:2009/BYT.

Tuy nhiên đối với mẫu nước đầu vào đã qua keo tụ, chỉ tiêu coliforms sau khi xử lý đạt tiêu chuẩn QCVN02:2009/BYT. Rõ ràng, công đoạn keo tụ đóng vai trò quan trọng trong giai đoạn tiền xử lý. Công đoạn này diệt khoảng 90% coliforms đầu vào. Trong 10% coliform còn lại, công đoạn phóng điện vàng quang diệt 93,2%. Tổng cộng toàn bộ qui trình xử lý diệt được 99,32% coliforms (giảm từ 11.000 (MPN/100 ml) xuống còn 75 (MPN/100 ml)).



Hình 8. Biến động của nồng độ nitrat trong nước.



Hình 9. Biến động tổng coliforms.

4. Bàn luận

Sự kết hợp giữa phương pháp keo tụ tạo bông và công nghệ phóng điện vàng quang cho thấy có hiệu quả cao trong việc xử lý nước cấp sinh hoạt từ nước sông. Các chỉ tiêu của nước sau khi xử lý với quy trình công nghệ này đều đạt theo qui chuẩn QCVN02:2009/BYT và được trình bày ở Bảng 2.

Từ Bảng 2, ta thấy chỉ tiêu coliforms đạt giới hạn tối đa cho phép II. Để tăng cường khả năng xử lý coliforms, có thể tăng thời gian xử lý. Khi tăng thời gian xử lý sẽ dẫn đến làm tăng nồng độ nitrit và nitrat. Tổng công suất hoạt động của mô hình là 90 W (plasma: 50 W; bơm nước: 40 W). Khả năng xử lý nước của mô hình là 1,33 L/P tương đương với công suất 80 L/h. Do đó, suất tiêu tốn năng lượng điện của mô hình là 1,125 kWh/m³ nước xử lý. Hàm lượng nitrit và nitrat có thể giảm bằng cách sử dụng phương pháp trao đổi ion. Thí nghiệm sử dụng cột trao đổi ion có thể tích 1000 mL chứa 600 mL hạt INDION-GS 3000. Lưu lượng của nước qua cột bằng với lưu lượng nước xử lý của mô hình (1,33 L/P). Kết quả thí nghiệm cho thấy nồng độ nitrit giảm từ 0,16 mg/L xuống còn 0,007 mg/L trong khi nồng độ nitrat giảm khoảng 96% từ 3,6 mg/L xuống còn 0,144 mg/L.

5. Kết luận

Mô hình thí nghiệm xử lý nước bằng công nghệ phóng điện vàng quang kết hợp với công đoạn tiền xử lý bằng keo tụ tạo bông có hiệu quả cao trong việc xử lý các chỉ tiêu chất lượng nước như: Màu sắc, độ đục, amoni, sắt, chỉ tiêu pecmanganat và tổng coliforms. Tuy nhiên công nghệ này hầu như không tác động đến chỉ tiêu độ cứng và hàm lượng Clorua. Công nghệ phóng điện vàng quang cho thấy tiềm năng ứng dụng trong các mô hình xử lý nước cấp sinh hoạt có công suất nhỏ phục vụ hộ gia đình nông thôn. Tuy nhiên, nhược điểm lớn nhất của công nghệ này là làm tăng đáng kể hàm lượng nitrat mặc dù vẫn nằm trong giới hạn cho phép.

Bảng 2. Kết quả các chỉ tiêu của nước thô và nước sau xử lý

Chỉ tiêu	Nước thô	Nước sau keo tụ và xử lý bằng plasma	QCVN02:2009/BYT
Màu sắc (TCU)	136	<5	15
Mùi vị	Không có mùi vị lạ	Không có mùi vị lạ	Không có mùi vị lạ
Độ đục (NTU)	36	2	5
Clo dư	KPH	KPH	0,3÷0,5
pH	7,57	7,12	6,0÷8,5
Hàm lượng Amoni(mg/L)	3,27	1,14	3,0
Sắt tổng(mg/L)	1,42	0,1	0,5
Chỉ số pecmanganat (mg/L)	2,30	0,62	4,0
Độ cứng tính theo CaCO ₃ (mg/L)	65,0	63,0	350
Hàm lượng Clorua (mg/L)	15,0	13,0	300
Hàm lượng Florua (mg/L)	KPH	KPH	1,5
Hàm lượng Aсен (mg/L)	KPH	KPH	0,05
Tổng coliforms (MPN/100 ml)	11.000	75	150 (giới hạn II) 3
Nitrit (mg/L)	0,25	0,16	(QCVN01:2009/BYT) 50
Nitrat (mg/L)	3,33	3,6	(QCVN01:2009/BYT)

*KPH: không phát hiện

Tài liệu tham khảo

- [1] Đoàn Thu Hà, Đánh giá hiện trạng cấp nước nông thôn vùng Đồng bằng sông Cửu Long và đề xuất giải pháp phát triển, Tạp chí Khoa học kỹ thuật thủy lợi và môi trường 43 (2013) 2.
- [2] G.J. Wilbers, M. Becker, La Thi Nga, Z. Sebesvari, F.G. Renaud, Spatial and temporal variability of surface water pollution in the Mekong Delta, Vietnam. Science of the Total Environment 485 (2014) 653.

- [3] USEPA, Wastewater technology fact sheet: ozone disinfection, EPA 832-F-99-063, 1999.
- [4] USEPA, Wastewater technology fact sheet: ultraviolet disinfection, EPA 832-F-99-064, 1999.
- [5] B. Langlais, B. Legube, H. Beuffe and M. Doré, Study of the nature of the by-products formed and the risks of toxicity when disinfecting a secondary effluent with ozone, *Water Science Technology* 25 (1992) 135.
- [6] M.J. Sharrer and S.T. Summerfelt, Ozonation followed by ultraviolet irradiation provides effective bacteria inactivation in a freshwater recirculating system, *Aquacultural Engineering* 37 (2007) 180.
- [7] I. Panorel et al., Oxidation of aqueous pharmaceuticals by pulsed corona discharge, *Environmental Technology* 34 (2013) 923.
- [8] T. Yano et al., Water treatment by atmospheric discharge produced with nanosecond pulsed power, *Proc. IEEE Int. Power Modulators and High Voltage Conference* (2008) 80.
- [9] Y. Minamitani et al., Decomposition of Dye in water solution by pulsed power discharge in a water droplet spray, *IEEE transaction on plasma science* 36 (2008) 2586.
- [10] B. Pinnangudi, R.S. Gorur and A.J. Kroese, Quantification of corona discharges on nonceramic insulators, *IEEE transactions on dielectric and electrical insulation*, 12 (2005) 513.
- [11] Bộ Y Tế, Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia về chất lượng nước sinh hoạt (QCVN02:2009/BYT), 2009.
- [12] Nguyễn Văn Dũng, Mai Phước Vinh, Nguyễn Thị Loan và Phạm Văn Toàn, Nghiên cứu ứng dụng công nghệ plasma lạnh trong xử lý nước, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Đại học Đà Nẵng* 1 (2017) 11.
- [13] S.P. Rong, Y.B. Sun and Z.H. Zhao, Degradation of sulfadiazine antibiotics by water falling film dielectric barrier discharge, *Chinese Chemical Letter* 25 (2014) 187.
- [14] N. Shainsky et al., Plasma acid: Water treated by dielectric barrier discharge, *Plasma processes and Polymers* 9 (2012) 1.
- [15] Bộ Y Tế, Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia về chất lượng nước ăn uống (QCVN01:2009/BYT), 2009.

A Study on Domestic Water Treatment with Corona Discharges and Coagulation-flocculation Method

Nguyen Van Dung, Tran Pham Dang Huy, Phan Thi Thuy Vy, Pham Van Toan

Can Tho University, Ba Thang Hai, Xuan Khanh, Ninh Kieu, Can Tho, Vietnam

Abstract- This paper presents the results of domestic water treatment by combining between corona discharges and coagulation-flocculation technology. The corona discharges were generated by a coaxial electrode system with voltages of about 10 kV and 31 kHz in frequency. Total power of a water treatment system is about 90 W. Water flow is 4 L/m in a batch treatment system and electric energy consumption is measured to be 1.125 kWh/m³. Experimental results show that the combination of ozone and UV formed by corona discharges has high efficiency in removing coliforms. The coagulation-flocculation is very necessary for the pretreatment stage of water. After treatment, determined parameters of water conforms with national technical regulation on domestic water quality (QCVN 02:2009/BYT). However, this method still increases the concentration of NO₃⁻ in water after treatment.

Keywords: Domestic water, coagulation-flocculation, ozone, ultraviolet, corona discharges.