

THÔNG TIN VỀ LUẬN ÁN TIẾN SĨ

1. Họ và tên nghiên cứu sinh: **Nguyễn Trường Quân**
2. Giới tính: Nam
3. Ngày sinh: 21/11/1979
4. Nơi sinh: Hà Nội
5. Quyết định công nhận nghiên cứu sinh: Số 4860/QĐ-ĐHKHTN ngày 24/11/2014 của Hiệu trưởng Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội.
6. Các thay đổi trong quá trình đào tạo: Quyết định gia hạn số 596/QĐ-ĐHKHTN ngày 06/03/2018 và quyết định gia hạn số 4728/QĐ-ĐHKHTN ngày 28/12/2018 của Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội.
7. Tên đề tài luận án: ***Nghiên cứu áp dụng và mô hình hóa công nghệ UASB cải tiến trong xử lý nước thải chăn nuôi lợn***
8. Chuyên ngành: Khoa học môi trường
9. Mã số: 9440301.01
10. Cán bộ hướng dẫn khoa học: Hướng dẫn chính: PGS.TS. Lê Văn Chiềuhướng dẫn phụ: PGS.TS. Cao Thế Hà
11. Tóm tắt các kết quả mới của luận án:

Công nghệ phản ứng ngược dòng qua lớp đệm vi sinh yếm khí (Upflow Anaerobic Sludge Blanket - UASB) là công nghệ xử lý yếm khí cao tải trong xử lý nước thải ô nhiễm hữu cơ cao nhưng nó vẫn còn một số hạn chế như chỉ vận hành hiệu quả với bùn hoạt tính dạng hạt, mật độ bùn vi sinh tối đa dưới 10 g/l dẫn đến năng suất xử lý bị giới hạn. Việc cải tiến các hệ phản ứng trên cơ sở UASB được quan tâm nhằm cải thiện hiệu quả xử lý nước thải có hàm lượng hữu cơ cao. Các kết quả thu được trong luận án được trình bày tóm lược dưới đây:

- *Cải tiến kỹ thuật tuần hoàn nội (Internal Circulation - IC) bằng cách chia nhỏ cột phản ứng nhằm hạ thấp chiều cao hệ phản ứng.* Hệ IC thực chất là hệ UASB cải tiến với chiều cao cột phản ứng tương đối lớn kết hợp với dòng tuần hoàn nội để tăng cường khả năng khuấy trộn. Hệ tuần hoàn nội cải tiến (Modified Internal Circulation - MIC) trong nghiên cứu này cũng chính là hệ IC cải tiến bằng cách chia nhỏ cột phản ứng và được lắp nối tiếp nhau. Hệ IC và MIC cùng được khảo sát ở khoảng tải lượng (TL) COD_t đầu vào từ 3,00 đến 22,55 gCOD/l.ngày, tương ứng với thời gian lưu giảm dần từ 24 đến 6 giờ. Kết quả thu được cho thấy năng suất xử lý (NSXL) COD_t của 2 hệ IC và MIC là tương đương nhau (69,2% và 70,9%). Tuy nhiên, hệ MIC có hiệu suất xử lý (HSXL) TSS cao hơn hệ IC (70,6% so với 64,2%).

- *Cải thiện năng suất xử lý COD của hệ UASB bằng cách bổ sung vật liệu mang vi sinh.* Kết quả so sánh 2 Kỹ thuật bồn phản ứng màng vi sinh cố định (Fixed Bed Biofilm Reactor - FBBR) và Kỹ thuật bồn phản ứng màng vi sinh chuyển động (Moving Bed Biofilm Reactor - MBBR) sử dụng 2 loại vật liệu mang vi sinh (Polyurethane - PU và Polyethylene - PE) với hệ UASB cơ bản như sau: 2 hệ FBBR và MBBR khi sử dụng vật liệu mang PU ở hai chế độ TL 4 và 6 g/l.ngày thu được NSXL COD trung bình là *tương đương nhau* (~70%) và HSXL TSS trung bình cũng *tương đương nhau* (~60%). Còn khi sử dụng vật liệu mang PE, NSXL COD và HSXL TSS trung bình của hệ MBBR ở ba chế độ TL trung bình 4, 6 và 10 g/l.ngày *đều cao hơn* hệ FBBR (các giá trị tương ứng là NSXL COD: 70,5% so với 59,6% và HSXL TSS: 67% so với 63,9%). HSXL COD trung bình của 2 hệ FBBR và MBBR khi sử dụng vật liệu mang PU và PE *đều cao hơn* hệ UASB cơ bản (55%).

- *Mô hình và mô phỏng quá trình xử lý yếm khí của hệ MBBR*

+ Xác định được hàm lượng các thành phần hữu cơ có trong giá trị COD tổng. Trong đó, hàm lượng cacbonhydrat chiếm 16,3% giá trị COD_t (tương ứng với tỉ lệ thành phần cacbonhydrat $f_{ca} = 0,163$), protein chiếm 34,4% ($f_{pr} = 0,344$), lipid chiếm 0,6% ($f_{li} = 0,006$), thành phần trơ không tan chiếm 13,1% ($f_{xi} = 0,131$) và thành phần hữu cơ tan chậm phân hủy sinh học chiếm 35,6% ($f_{si} = 0,356$). Các giá trị thu được này cung cấp dữ liệu đầu vào cho phần mềm mô phỏng GPS-X đã tích hợp mô hình ADM1 các phương trình động học quá trình phân hủy yếm khí.

+ Các hệ số/hằng số trong các phương trình động học của các quá trình sinh học yếm khí phục vụ cho tính toán và mô phỏng trong mô hình ADM1 của phần mềm GPS-X: Xác định được các hệ số tốc độ phân rã (k') của COD tổng, tốc độ phân hủy (k) của cacbonhydrat, protein, lipid với các giá trị tương ứng là $k'_{dis} = 2,8$; $k_{car} = 15,5$; $k_{prt} = 5,2$ và $k_{lir} = 8,6 \text{ ngày}^{-1}$, các giá trị hằng số tốc độ phát triển sinh khối riêng cực đại (m) của axit propionic, axetic và hidro tương ứng là $m_{pd} = 51,5$; $m_{um} = 26$; $m_{hm} = 31,5 \text{ ngày}^{-1}$ và giá trị hằng số bán bão hòa (K) của axit axetic là $K_{um} = 12 \text{ mgCOD/l}$.

+ Mối tương quan giữa kết quả mô phỏng với kết quả thực nghiệm của các thành phần COD tổng, cacbonhydrat, protein, lipid, axit butyric, axit propionic, axit axetic, TSS và khí mêtan đều tuân theo phương trình dạng $y = ax$. Giá trị a trong phương trình tuyến tính đối với các thành phần đạt trong khoảng từ $0,9755 \div 1,0053$ thể hiện sự tuyến tính rất cao. Sự phù hợp giữa các kết quả thực nghiệm và mô phỏng còn thể hiện thông qua hệ số hồi quy R^2 của các thành phần COD tổng, cacbonhydrat, protein, TSS và khí mêtan

với $R^2 = 0,8212 - 0,9144$, trong khi đó hệ số hồi quy của lipid, axit butyric, axit propionic và axit axetic có giá trị thấp hơn ($R^2 = 0,6404 - 0,715$) thể hiện sự phù hợp chưa cao. Các thông số này cho thấy sự phù hợp giữa các phương trình động học các quá trình sinh học yếm khí trong mô hình ADM1 của hệ bùn lơ lửng cùng với các hệ số/hằng số động học tìm được phù hợp với diễn biến các thành phần hữu cơ và TSS của hệ UASB sử dụng vật liệu mang vi sinh chuyển động.

12. Khả năng ứng dụng thực tiễn:

- Hệ MIC thu được dựa trên cơ sở cải tiến hệ IC bằng cách chia nhỏ cột phản ứng và được lắp đặt nối tiếp nhau nhằm làm giảm chiều cao, nó có ưu điểm thuận tiện cho việc chế tạo và vận hành trên thực tế.

- Dựa vào mối quan hệ giữa năng suất xử lý và hiệu suất xử lý với tải lượng COD đầu vào làm cơ sở cho việc thiết kế hệ thống xử lý nước thải chăn nuôi lợn trên thực tế theo các công nghệ cải tiến đã nghiên cứu.

- Hệ UASB sử dụng vật liệu mang để làm tăng mật độ vi sinh trong hệ thí nghiệm xử lý nước thải bằng vi sinh đồng thời làm giảm thời gian vận hành khởi động.

- Mô hình quá trình phân hủy yếm khí (gồm các phương trình động học theo mô hình phân hủy yếm khí ADM1 và các hằng số động học) tìm được giúp hiểu rõ bản chất, kiểm soát quá trình, phục vụ hiệu quả cho việc nghiên cứu, tiết kiệm thời gian, chi phí và có khả năng áp dụng trong thiết kế các hệ thống xử lý ở quy mô thực tế.

13. Các hướng nghiên cứu tiếp theo:

- Tiếp tục nghiên cứu về quá trình phân hủy yếm khí khi sử dụng các vật liệu mang biến tính trong các hệ UASB cải tiến nhằm nâng cao năng lực xử lý hữu cơ trong nước thải chăn nuôi và kiểm soát quá trình.

- Áp dụng mô hình hóa hệ thống xử lý các đối tượng nước thải giàu hữu cơ khác.

14. Các công trình công bố liên quan đến luận án:

[1] Nguyễn Thị Trang, Nguyễn Việt Hà, **Nguyễn Trường Quân**, Lê Văn Chiểu, Cao Thế Hà (2014), “Công nghệ yếm khí dạng ABR xử lý nước thải giàu hữu cơ”, *Tạp chí Khoa học Đại học Quốc gia Hà Nội* Tập 30(6S), trang 597-602.

[2] Cao Thế Hà, Lê Văn Chiểu, Nguyễn Việt Hà, **Nguyễn Trường Quân**, Vũ Ngọc Duy, Võ Thị Thanh Tâm, Trần Mạnh Hải, Nguyễn Triều Dương (2015), “Vai trò của công tác đánh giá chất lượng nước thải trong việc xác định công nghệ xử lý”, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam* Tập 1(4), trang 50-54.

- [3] **Nguyễn Trường Quân**, Võ Thị Thanh Tâm, Cao Thế Hà, Lê Văn Chiêu, Trần Mạnh Hải (2019), “Mối quan hệ giữa tải trọng với năng suất và hiệu suất xử lý COD của hai kỹ thuật xử lý yếm khí nước thải giàu cặn hữu cơ”, *Tạp chí Khoa học Đại học Quốc gia Hà Nội* Tập 35(1), trang 21-26.
- [4] Cao Thế Hà, Vũ Ngọc Duy, Nguyễn Thị An Hằng, **Nguyễn Trường Quân**, Cao Thế Anh, Trần Mạnh Hải, K. Fukushi, H. Katayama (2019), “Hiện trạng công nghệ xử lý nước thải theo hướng phát triển bền vững”, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam* Tập 61(1), trang 50-57.
- [5] **Truong Quan NGUYEN**, Van Anh NGO, Thi Hoang Oanh LE, Huu Huan NGUYEN, Van Chieu LE, Hidenari YASUI, Thi Ha NGUYEN (2020), “Removal of organic matters from piggery wastewater in anaerobic moving bed biofilm reactor (MBBR)”, *Vietnam Journal of Science and Technology* Vol. 58(3A), pp. 211-221.

Ngày tháng năm 2020

Người hướng dẫn luận án

Nghiên cứu sinh

PGS.TS. Lê Văn Chiêu

Nguyễn Trường Quân

|

INFORMATION ON DOCTORAL THESIS

1. Full name: **Nguyen Truong Quan**
2. Sex: Male
3. Date of birth: 21/11/1979
4. Place of birth: Hanoi, Vietnam
5. Admission decision number: No. 4860/QĐ-ĐHKHTN dated on November 24th, 2014 by Rector of VNU University of Science, Vietnam National University.
6. Changes in academic process: Extension Decision number 596/QĐ-ĐHKHTN dated on March 06th, 2018 and Extension Decision number 4728/QĐ-ĐHKHTN dated on December 28th, 2018 by Rector of VNU University of Science, Vietnam National University.
7. Official thesis title: ***Applied research and biological modelling of the modified UASB technology in piggery wastewater treatment***
8. Major: Environmental Science
9. Code: 9440301.01
10. Supervisors: Assoc.Prof.Dr. Le Van Chieu and Assoc.Prof.Dr. Cao The Ha
11. Summary of the new findings of the thesis

The Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) is high-load anaerobic treatment technology in treatment of rich organic pollution, but it still has some limitations such as efficient operation with granular activated sludge, maximum microbial sludge concentration is less than 10 g/l leading to limited treatment removal rate. The modification of the reaction system based on UASB system is interested to improve wastewater treatment efficiency with high organic content. This thesis obtained results are summarized below:

- *Modification of the IC by dividing the reaction column for lowering the height of system.* In fact, the IC system is essentially a modified UASB system with a relatively large reaction column height combined with internal circulation flow to enhance the mixing ability. In this study, the Modified Internal Circulation (MIC) was also the modified IC by dividing the reaction column and installed them in series. Both IC and MIC were investigated with the input total COD loading rates in the range of 3.00 to 22.55 gCOD/l.day at the hydraulic retention times descending from 24 to 6 hours. The results shown that total COD loading removal rates of both systems were similar (69.2% and 70.9%). However, TSS removal efficiency of MIC system was higher than those in IC system (70.6% and 64.2%, respectively).

- *Improvement of COD removal rate of the UASB system by using biological carrier materials.* Results of comparison between Fixed Bed Biofilm Reactor (FBBR) and Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) using two types of carrier materials (Polyurethane - PU and Polyethylene - PE) and the conventional UASB system are as follows: When both FBBR and MBBR systems used PU carrier materials at two organic loading rates of 4 and 6 g/l.day, their average COD removal loading rates and TSS removal efficiency were similar (~70% and 60%, respectively). For PE carrier materials, the average COD removal loading rates and TSS removal efficiency of MBBR system were all higher than those of FBBR system at three organic loading rates of 4, 6 and 10 g/l.day (COD removal loading rates: 70.5% - 59.6% and TSS removal efficiency: 67% - 63.9%, respectively). Both FBBR and MBBR with using PU and PE materials achieved COD removal efficiency higher than those in UASB system (55%).

- *Modelling and simulation of the anaerobic processes in MBBR*

+ The organic components in COD_t were determined. In which, the carbohydrates content of 16.3% in the value of COD_t (corresponding to the ratio of carbohydrates component was $f_{ca} = 0.163$), proteins of 34.4% ($f_{pr} = 0.344$), lipids of 0.6% ($f_{li} = 0.006$), the insoluble inert component of 13.1% ($f_{xi} = 0.131$) and the slowly soluble biodegradable organic component of 35.6% ($f_{si} = 0.356$). These obtained coefficients provided input data to the GPS-X simulation software that has integrated the ADM1 model of anaerobic digestion kinetic equations.

+ The coefficients/constants in the kinetic equations of anaerobic biological processes serve to compute and simulate in the ADM1 model of GPS-X software: Disintegration rate of the total organic compound (total COD), hydrolysis rates of readily biodegradable carbohydrates, proteins, lipids have been determined and the achieved values were as follows: $k'_{dis} = 2.8$; $k_{car} = 15.5$; $k_{pr} = 5.2$ and $k_{ir} = 8.6 \text{ day}^{-1}$, respectively. The values of maximum specific growth rates of readily biodegradable propionic acid, acetic acid, hydrogen were $m_{pd} = 51.5$; $m_{um} = 26$; $m_{hm} = 31.5 \text{ day}^{-1}$ and half-saturation coefficient on growth of readily biodegradable acetic acid was $K_{um} = 12 \text{ mgCOD/l}$.

+ Correlation between the simulation and experimental results of total COD, carbohydrates, proteins, lipids, butyric acid, propionic acid, acetic acid, TSS and methane gas showed according to the linear equation of $y = ax$. "a" values in this equation of components achieved in the range of $0.9755 \div 1.0053$ with very high linearity. The agreement between experimental and simulation results were also expressed in the

regression coefficients R^2 of total COD, carbohydrates, proteins, TSS and methane gas achieved relatively high above 0.8 ($R^2 = 0.8212 \div 0.9144$), while the regression coefficients of lipids, butyric acid, propionic acid and acetic acid reached only in the range of $0.6404 \div 0.715$. These parameters showed that the agreement between the kinetic equations of anaerobic biological processes in the ADM1 model of suspended sludge system together with the achieved kinetic coefficients/constants consisted with the change of organic components and TSS in the UASB system using a moving carrier materials.

12. Practical applicability, if any:

- The MIC system obtained based on modified IC system by dividing the reaction column and installed in series for lowering the height of system is more advanced and convenient for fabrication and operation in practice.

- The achieved correlation between removal loading rates and treatment efficiency with input COD loading rates can be the basis for designing a piggery wastewater treatment system in practice.

- The UASB system used carrier materials are able to increase the anaerobic microbiological concentration in the biological wastewater treatment system as well as reduce the start-up time.

- The achieved model of anaerobic digestion process (including the kinetic equations according to the anaerobic digestion model ADM1 and the kinetic constants) is to help understanding deeply the biological processes, process control, effectively supporting for investigation, saving time, cost effectiveness and possible applicability for the designing the treatment systems in practice.

13. Further research directions, if any:

- Continuing study the anaerobic digestion processes using modified carrier materials in modified UASB system to improve organic removal rates for piggery wastewater and processed control.

- Applying modelling and simulation for others organic-rich wastewater treatment systems.

14. Thesis-related publications:

- [1] Nguyen Thi Trang, Nguyen Viet Ha, **Nguyen Truong Quan**, Le Van Chieu, Cao The Ha (2014), "Anaerobic Baffle Reactor (ABR) technology for treating Organic-rich wastewater", *VNU Journal of Science* Vol. 30(6S), pp. 597-602.

- [2] Cao The Ha, Le Van Chieu, Nguyen Viet Ha, **Nguyen Truong Quan**, Vu Ngoc Duy, Vo Thi Thanh Tam, Tran Manh Hai, Nguyen Trieu Duong (2015), “Quality of piggery wastewater and the role of raw wastewater quality assessment in determining the treatment technology”, *Vietnam Journal of Science and Technology* Vol. 1(4), pp. 50-54.
- [3] **Nguyen Truong Quan**, Vo Thi Thanh Tam, Cao The Ha, Le Van Chieu, Tran Manh Hai (2019), “The dependence of removal rate and efficiency on COD loading rate in two anaerobic systems treating high organic suspended wastewater”, *VNU Journal of Science* Vol. 35(1), pp. 21-26.
- [4] Cao The Ha, Vu Ngoc Duy, Nguyen Thi An Hang, **Nguyen Truong Quan**, Cao The Anh, Tran Manh Hai, K. Fukushi, H. Katayama (2019), “Current status of in wastewater treatment technology toward sustainable development”, *Vietnam Journal of Science and Technology* Vol. 61(1), pp. 50-57.
- [5] **Truong Quan NGUYEN**, Van Anh NGO, Thi Hoang Oanh LE, Huu Huan NGUYEN, Van Chieu LE, Hidenari YASUI, Thi Ha NGUYEN (2020), “Removal of organic matters from piggery wastewater in anaerobic moving bed biofilm reactor (MBBR)”, *Vietnam Journal of Science and Technology* Vol. 58(3A), pp. 211-221.

Date:

Supervisor

PhD. Student

Assoc.Prof.Dr. Le Van Chieu

Nguyen Truong Quan