การกำจัดสารประกอบไนโตรเจนในระบบหมุนเวียนน้ำทะเลแบบปิด สำหรับบ่อเลี้ยงกุ้งโดยถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบอากาศยกที่มีการไหลวนแบบภายนอก

น.ส. ศิริวรรณ ศิลาภากุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี ภาควิชา วิศวกรรมเคมี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2545

ISBN 974-17-2231-1

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I22363980 - 4 มี.ค. 2558

NITROGEN COMPOUNDS REMOVAL IN CLOSED RECIRCULATING SEAWATER SYSTEM FOR SHRIMP POND BY EXTERNAL LOOP AIRLIFT BIOREACTOR

Miss Siriwan Silapakul

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Chemical Engineering
Department of Chemical Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic year 2002

ISBN 974-17-2231-1

Thesis Title	NITROGEN COMPOUNDS REMOVAL IN CLOSED RECIRCULATING SEAWATER SYSTEM FOR SHRIMP POND BY EXTERNAL LOOP AIRLIFT BIOREACTOR
By	Miss Siriwan Silapakul
Field of Study	Chemical Engineering
Thesis Advisor	Assistant Professor Prasert Pavasant, Ph.D.
Thesis Co-advisor	Sorawit Powtongsook, Ph.D.

Accepted by the Faculty of Engineering, Chulalongkorn University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Master' s Degree

.....Dean of Faculty of Engineering
(Professor Somsak Panyakeow, D. Eng.)

THESIS COMMITTEE

.....Chairman
(Associate Professor Tharathon Mongkhonsi, Ph.D.)

.....Thesis Advisor
(Assistant Professor Prasert Pavasant, Ph.D.)

.....Thesis Co-advisor
(Sorawit Powtongsook, Ph.D.)

.....Member
(Assistant Professor Seeroong Prichanont, Ph.D.)

.....Member
(Assistant Professor Siriporn Damrongsakkul, Ph.D.)

ศิริวรรณ ศิลาภากุล : การกำจัดสารประกอบไนโตรเจนในระบบหมุนเวียนน้ำทะเลแบบปิดสำหรับบ่อเลี้ยงกุ้งโดยถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบอากาศยกที่มีการไหลวนแบบภายนอก (NITROGEN COMPOUNDS REMOVAL IN CLOSED RECIRCULATING SEAWATER SYSTEM FOR SHRIMP POND BY EXTERNAL LOOP AIRLIFT BIOREACTOR) **อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประเสริฐ ภวสันต์, อ.ที่ปรึกษาร่วม ดร. สรวิศ เผ่าทองศุข, 97 หน้า**. ISBN 974-17-2231-1.

ถังปฏิกรณ์ทางชีวภาพแบบอากาศยกแบบเบดนิ่งที่มีการไหลวนแบบภายนอกมีความเหมาะสมต่อการบำบัดน้ำเสียที่มีส่วนประกอบของแอมโมเนียและไนเตรท โดยถังปฏิกรณ์นี้ประกอบไปด้วยส่วนประกอบหลักสองส่วนคือ ส่วนสภาวะให้อากาศ และสภาวะไม่ให้อากาศ และทั้งสองส่วนบรรจุวัสดุตรึงแบคทีเรียชนิดพลาสติกไบโอบอล และสามารถรองรับปริมาณน้ำเสียได้ 60 ลิตร ซึ่งการทดลองพบว่าระบบถังปฏิกรณ์แบบอากาศยกนี้สามารถบำบัดสารประกอบไนโตรเจนได้สมบูรณ์ โดยให้เกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชั่นและดีไนตริฟิเคชั่นพร้อมกัน โดยไม่มีการสะสมของสารประกอบไนโตรเจนในระบบ โดยที่แอมโมเนียถูกย่อยสลายด้วยแบคทีเรียประเภท nitrifying ในส่วนสภาวะให้อากาศ และไนเตรทถูกย่อยสลายด้วยแบคทีเรียประเภท denitrifying ในส่วนสภาวะไม่ให้อากาศของถังปฏิกรณ์ สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการดำเนินการของถังปฏิกรณ์นี้คือ ค่าออกซิเจนละลายในส่วนสภาวะให้อากาศเป็น 3-4 มิลลิกรัมต่อลิตร และในส่วนสภาวะไม่ให้อากาศเป็น 0-2 มิลลิกรัมต่อลิตร อัตราส่วนคาร์บอนอินทรีย์ต่อไนโตรเจนเริ่มต้นเท่ากับ 20-40 ค่าพีเอช 7-8 สภาพด่างมากกว่า 100 มิลลิกรัมแคลเซียมคาร์บอเนต/ลิตร โดยในสภาวะนี้ อัตราการเกิดไนตริฟิเคชั่นอยู่ในช่วง 0.06-0.87 กรัมแอมโมเนีย-ไนโตรเจน/ตารางเมตร-วัน และอัตราการเกิดดีไนตริฟิเคชั่นอยู่ในช่วง 0.01-0.08 กรัมไนเตรท-ไนโตรเจน/ตารางเมตร-วัน

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี	ลายมือชื่อนิสิต.....ศิริวรรณ ศิลาภากุล.....
สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา 2545	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

 # # 4370518721 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING
KEY WORD: EXTERNAL LOOP AIRLIFT BIOREACTOR/ NITROGEN COMPOUNDS REMOVAL / NITRIFICATION/ DENITRIFICATION/ CLOSED RECIRCULATING SEAWATER SYSTEM

SIRIWAN SILAPAKUL: NITROGEN COMPOUNDS REMOVAL IN CLOSED RECIRCULATING SEAWATER SYSTEM FOR SHRIMP POND BY EXTERNAL LOOP AIRLIFT BIOREACTOR. THESIS ADVISOR: ASSISTANT PROFESSOR PRASERT PAVASANT, Ph.D., THESIS COADVISOR: SORAWIT POWTONGSOOK, Ph.D., 97 pp. ISBN 974-17-2231-1.

Packed bed external loop airlift bioreactor (PBABR) was found suitable for the treatment of wastewater containing ammonia and nitrate. The 60 litre PBABR comprised aeration and non-aeration zones both of which were packed with plastic packing to enhance the surface area for the attachment of bacteria. Experiment indicated that PBABR provided a complete removal of nitrogen compounds with both nitrification and denitrification taken place simultaneously. In other words, ammonia was decomposed by nitrifying bacteria in the aeration zone and nitrate was converted to nitrogen gas by denitrifying bacteria in the non-aeration zone. The optimal conditions for maximal nitrogen removal efficiency of this system were: dissolved oxygen of 3-4 and 0-2 mg/L in the aeration and non-aeration zones, respectively, the initial carbon to nitrogen ratio of 20-40, pH 7-8, alkalinity of greater than 100 mg ($CaCO_3$)/L. The nitrification rate was in the range of 0.06-0.87 g NH_3-N/m^2-d and the denitrification rate was 0.01-0.08 g NO_3-N/m^2-d.

Department....Chemical Engineering.. Student's signature....Siriwan Silapakul
Field of study..Chemical Engineering.. Advisor's signature....Prasert Pavasant
Academic year.....2002..... Co-advisor's signature....Sorawit Powtongsook

ACKNOWLEDGEMENTS

This thesis had not been completed without the help and supporting for many people and organizers who are gratefully acknowledgement here. I would like to express my sincere gratitude to Assistant Professor Dr. Prasert Pavasant, my advisor, for his valuable suggestions, guidance, warm encouragement and generous supervision throughout my master program. In addition, I would like to gratefully thank Dr. Sorawit Powtongsook, my co-advisor, for his valuable suggestions. I am grateful to Associate Professor Dr. Tharathon Mongkhonsi, Chairman of the committee, Assistant Professor Dr. Seeroong Prichanont and Assistant Professor Dr. Siriporn Damrongsakkul, members of thesis committee, for many valuable comments and suggestions.

Moreover, I would like to thank P' Puud (Miss Porntip) for her kind support, suggestions and warm encouragement. Many thanks for P' Puud, P' Ku (Kunawut), P' Tar (Miss Patchara), P'Jung (Mr.Chaiyanun), Pom (Nuttada) for having shared the time at night and had dinner in laboratory. I would like to thank N' Air (Miss Phungjai) and P' Wor (Miss Worapanee) for their cheerful and loving support all time. Sincere thanks and to all members of Biochemical Engineering Laboratory and Environmental and Safety Laboratory for their cooperation and warm support.

Of course, I would like to express my sincere indebtedness to my parents, my brothers and everyone in my family for their inspiration and worthy supports throughout my Master course.

CONTENTS

PAGE

ABSTRACT (IN THAI)..... iv
ABSTRACT (IN ENGLISH).....v
ACKNOWLEDGMENTS..... vi
TABLE OF CONTENTS.....vii
LIST OF TABLES.....ix
LIST OF FIGURES..... x

CHAPTER 1 INTRODUCTION

1.1 Backgrounds..... 1
1.2 Objective..... 3
1.3 Expected Benefit..... 3
1.4 Working Scopes.....4

CHAPTER 2 BACKGROUNDS AND LITERATURE REVIEWS

2.1 Backgrounds: Nitrification and Denitrification.....5
2.1.1 Nitrification processes..... 5
2.1.2 Factors controlling nitrification processes..... 7
2.1.3 Denitrification processes..... 10
2.1.4 Factors controlling denitrification processes.....12
2.2 Literature reviews.....17
2.2.1 Nitrification processes..... 17
2.2.2 Denitrification processes.....20

CHAPTER 3 METERIALS AND METHODS

3.1 Experimental setup.....44
3.2 Experimental procedures for Nitrification and Denitrification experiment..... 45
3.2.1 Preparation of immobilized nitrifiers/denitrifiers..... 45
3.2.2 Nitrification/Denitrification experiment..... 45
3.2.3 Analytical methods for measuring nitrogen compounds..... 46

CHAPTER 4 RESULTS AND DISCUSSION

4.1 Nitrification/denitrification in airlift bioreactor systems..... 52
4.1.1 Packed bed external loop airlift bioreactor: Nitrogen compounds removal.....52
4.1.2 Comparative evaluation of nitrification/denitrification performance..... 55
4.2 Nitrification process.....59
4.2.1 Effect of alkalinity..... 59
4.2.2 Effect of pH..... 60
4.2.3 Effect of dissolved oxygen.....60
4.2.4 Effect of methanol.....61
4.2.5 Effect of biofilm ages 62
4.3 Denitrification process.....63
4.3.1 Effect of dissolved oxygen.....63
4.3.2 Denitrification with addition of methanol..... 64
4.3.3 Effect of nitrogen gas purging on denitrification.....66
4.3.4 Effect of biofilm ages..... 66
4.4 Concluding remarks..... 67

CHAPTER 5 CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

5.1 Conclusions..... 86
5.2 Contributions..... 86
5.3 Recommendations.....87

REFERENCES..... 88
BIOGRAPHY.....97

LIST OF TABLES

TABLE **PAGE**

2.1 Relationship between specific growth rate and temperature for nitrifying becteria.....24
2.2 Kinetic parameters for nitrification process.....24
2.3 Essential requirements for proper growth of *Nitrobacter* and *Nitrosomonas* 25
2.4 Range of oxidation-reduction potential (ORP) for various types of principle electron acceptor.....25
2.5 Kinetic parameters for denitrification process.....25
2.6 Details on the operation of various types of nitrification processes..... 26
2.7 Details on the operation of various types of denitrification processes.....30
4.1 Details of the operating condition periods during experimental..... 68
4.2 Summary of nitrification rate during experiment.....69
4.3 Summary of denitrification rate during experiment.....70

LIST OF FIGURES

FIGURE **PAGE**

2.1 Effect of pH on nitrification rate at 20 °C..... 32
2.2 Effect of temperature on nitrification rate at 30 °C.....33
2.3 Effect of dissolved oxygen on nitrification rate at 30 °C..... 34
2.4 Effect of pH on nitrification rate.....35
2.5 Effect of temperature on maximum denitrification rate..... 36
2.6 Fixed film column.....37
2.7 Biodrum biofilter..... 38
2.8 Floating bead carriers for nitrification..... 39
2.9 Activated sludge for nitrification.....40
2.10 Fixed film denitrification column..... 41
2.11 Fluidized bed column.....42
2.12 Floating bead carriers for denitrification.....43
3.1 Plastic bioballs for immobilized nitrifying/denitrifying bacteria..... 50
3.2 Experimental setup..... 51
4.1.1 The total inorganic nitrogen compound profile during experiment..... 71
4.1.2 Ammonium-nitrogen concentration profile during experiment.....72
4.1.3 Nitrite-nitrogen concentration profile during experiment..... 73
4.1.4 Nitrite-nitrogen concentration profile during experiment..... 74
4.1.5 pH and Temperature of effluent during experiment..... 75
4.1.6 Dissolved oxygen of effluent during experiment.....76
4.1.7 Oxidation reduction potential during experiment.....77
4.2.1 Ammonium-nitrogen removal at difference level of alkalinity..... 78
4.2.2 Ammonium-nitrogen removal at difference level of dissolved oxygen in riser section..... 79
4.2.3 Ammonium-nitrogen removal at difference level of total methanol..... 80
4.2.4 Ammonium-nitrogen removal at difference biofilm ages.....81
4.3.1 Total nitrogen removal at difference dissolved oxygen level in downcomer section 82
4.3.2 Total nitrogen removal at difference level of total methanol..... 83

4.3.3 Total nitrogen removal with purging/non-purging nitrogen gas period.....84
4.3.4 Total nitrogen removal at difference biofilm ages..... 85