การกำจัดแอมโมเนียและฟอสเฟตพร้อมกันโดยกระบวนการตกตะกอนทางเคมี

นายนิธิวัฒ จำรูญรัตน์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2531

ISBN 974-568-621-2

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

014389

I17290653

SIMULTANEOUS REMOVAL OF AMMONIA AND PHOSPHATE BY CHEMICAL PRECIPITATION

Mr. Nithiwat Jumroonrat

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Sanitary Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University
1988

ISBN 974-568-621-2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การกำจัดแอมโมเนียและฟอสเฟตพร้อมกันโดยกระบวนการตกตะกอนทางเคมี
โดย นายนิธิวัฒ จำรูญรัตน์
ภาควิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. ธงชัย พรรณสวัสดิ์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทวี จิตไมตรี)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ธีระ เกรอต)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ไพพรรณ พรประภา)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ธงชัย พรรณสวัสดิ์)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นิธิวัฒ จำรูญรัตน์ : การกำจัดแอมโมเนียและฟอสเฟตพร้อมกันโดยกระบวนการตกตะกอนทางเคมี (SIMULTANEOUS REMOVAL OF AMMONIA AND PHOSPHATE BY CHEMICAL PRECIPITATION) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 162 หน้า

แอมโมเนียและฟอสเฟตเป็นอนุมูลที่พบได้ในน้ำเสียทั่วไป โดยเฉพาะน้ำเสียจากชุมชน อนุมูลดังกล่าวเป็นสารอาหารสำหรับอัลจีซึ่งก่อให้เกิดปัญหายูโทรฟิเคชั่นในแหล่งน้ำปิด งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึงความเป็นไปได้และความเหมาะสมในการกำจัดแอมโมเนียและฟอสเฟตพร้อมกันในน้ำใสส่วนบนจากถังหมักแบบไร้ออกซิเจนโดยกระบวนการตกตะกอนทางเคมี ให้อยู่ในรูปแมกนีเซียมแอมโมเนียมฟอสเฟต

ผลการศึกษาพบว่าการตกตะกอนทางเคมีในรูปแมกนีเซียมแอมโมเนียมฟอสเฟตเกิดขึ้นได้โดยการทำปฏิกิริยาระหว่างสารละลายฟอสเฟตและสารละลายแมกนีเซียมิกเจอร์ ซึ่งเป็นสารละลายที่มีส่วนประกอบของแมกนีเซียมอิออนกับอนุมูลแอมโมเนียม สภาพดังกล่าวขัดแย้งกับสภาพที่เกิดขึ้นจริง เพราะในน้ำเสียมักพบแอมโมเนียเป็นองค์ประกอบอยู่แล้ว ดังนั้นการประยุกต์ใช้กระบวนการตกตะกอนทางเคมีในรูปแมกนีเซียมแอมโมเนียมฟอสเฟต ในสภาพใช้งานจริงไม่สามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล

ปีการศึกษา 2530 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

NITHIWAT JUMROONRAT : SIMULTANEOUS REMOVAL OF AMMONIA AND PHOSPHATE BY CHEMICAL PRECIPITATION. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF.THONGCHAI PANSWAD,Ph.D. 162 pp.

Ammonium and phosphate are basic ions found in wastewaters, particularly from domestic origin. They are essential nutrients for algae and can cause eutrophication problems in closed reservoirs. The purpose of this research was to study the feasibility and suitability of simultaneous removal of the ammonia and phosphate ions from an anaerobic-digester supernatant by chemical percipitation processes.

The result of this study revealed that the chemical precipitate of magnesium ammonium phosphate ($MgNH_4PO_4$) could be formed by the reaction between phosphate solution and ammonium-bearing "magnesia-mixture" solution. The condition was not in consistence with the real situation, in which wastewaters themselves always already contained a certain concentration of ammonia ions. The application of the method for simultaneous removal of ammonia and phosphate ions in the form of magnesium ammonium phosphate could not be therefore done effectively in real practice.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล

ปีการศึกษา 2530 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ รองศาสตราจารย์ ดร. ธงชัย พรรณสวัสดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้กรุณาให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ อันเป็นประโยชน์ในการวิจัยมาโดยตลอด นอกจากนี้ยังได้กรุณาจัดหาสารเคมีและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ให้ด้วย ผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ศุภชัย ใช้เทียมวงศ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำทางด้านวิชาการ

ขอขอบคุณ คุณไมตรี พระประเสริฐ ที่ได้มอบข้อมูลบางส่วนและให้คำแนะนำเบื้องต้นในการทดลอง

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ของโรงบำบัดน้ำเสียห้วยขวาง การเคหะแห่งชาติที่ให้ความร่วมมือและอำนวยความสะดวกในการเก็บตัวอย่างน้ำ

คุณค่าความดีของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบแด่บิดามารดาซึ่งได้สนับสนุนในการศึกษาและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยตลอดมา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ
กิตติกรรมประกาศ..... ฉ
สารบัญ..... ช
สารบัญตาราง..... ฎ
สารบัญรูป..... ฌ
บทที่
1. บทนำ..... 1
2. วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย..... 9
2.1 วัตถุประสงค์..... 9
2.2 ขอบเขตของการวิจัย..... 9
3. ทฤษฎีและแนวเหตุผล..... 12
3.1 ทฤษฎีการตกตะกอนทางเคมี..... 12
3.2 แนวเหตุผล..... 19
4. การวางแผนการวิจัย..... 23
4.1 แผนการทดลอง..... 23
4.1.1 การทดลองส่วนที่ 1 : การศึกษาหาค่าตัวแทนลักษณะทางเคมีและลักษณะทางกายภาพของน้ำทิ้ง.23
4.1.2 การทดลองส่วนที่ 2 : การทดลองเพื่อหาชนิดและปริมาณแมกนีเซียมที่เหมาะสมในการตกตะกอนทางเคมีในรูปแมกนีเซียมแอมโมเนียม-ฟอสเฟต..... 27
4.2 สารเคมีในการเตรียมน้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง..... 30
5. ผลการทดลอง..... 31
5.1 แผนผังสรุปการดำเนินงานและผลการวิจัย..... 31
5.2 ผลการวิจัยส่วนที่ 1 : การศึกษาหาค่าตัวแทนลักษณะทางเคมีและลักษณะทางกายภาพของน้ำทิ้ง..... 31

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

5.2.1 ผลการวิเคราะห์น้ำใสส่วนบนจากถังหมักแบบไร้ออกซิเจน โรงบำบัดน้ำเสียห้วยขวางการเคหะแห่งชาติ..... 31
5.2.2 ผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติเพื่อหาค่าตัวแทนลักษณะทางเคมีและลักษณะทางกายภาพของน้ำทิ้ง..... 39
5.3 ผลการวิจัยส่วนที่ 2 : การทดลองเพื่อหาชนิดและปริมาณแมกนีเซียมที่เหมาะสมในการตกตะกอนทางเคมี ในรูปแมกนีเซียมแอมโมเนียมฟอสเฟต..... 39
5.3.1 ผลการทดลองการตกตะกอนทางเคมีโดยใช้แมกนีเซียมคาร์บอเนตไฮเดรตเบสิค..... 56
5.3.2 ผลการทดลองการตกตะกอนทางเคมีโดยใช้แมกนีเซียมคลอไรด์..... 63
5.3.3 ผลการทดลองการตกตะกอนทางเคมีโดยใช้สารละลายแมกนีเซียมิกเจอร์..... 74
6. วิจารณ์ผลการทดลอง..... 88
6.1 การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำเพื่อหาค่าตัวแทนลักษณะน้ำ.... 88
6.2 การตกตะกอนทางเคมีในรูปแมกนีเซียมแอมโมเนียม--ฟอสเฟต..... 88
6.2.1 การตกตะกอนทางเคมีโดยใช้แมกนีเซียม--คาร์บอเนตไฮเดรตเบสิค..... 88
6.2.2 การตกตะกอนทางเคมีโดยใช้แมกนีเซียม--คลอไรด์..... 89
6.2.3 การตกตะกอนทางเคมีโดยใช้สารละลาย--แมกนีเซียมิกเจอร์..... 91
7. สรุปผลการทดลอง..... 96
บรรณานุกรม..... 98
ภาคผนวก..... 100
ประวัติผู้เขียน..... 162

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 ลักษณะของทิ้งจากชุมชนในสหรัฐอเมริกา..... 2
ตารางที่ 1.2 ลักษณะของน้ำทิ้งจากชุมชนในอินเดียและประเทศไทย..... 3
ตารางที่ 1.3 ค่าเฉลี่ยของลักษณะน้ำเสียจากชุมชนที่อยู่อาศัยการเคหะแห่งชาติ... 3
ตารางที่ 1.4 วิธีการบำบัดน้ำเสียประเภทต่างๆเพื่อกำจัดไนโตรเจน..... 6
ตารางที่ 1.5 ข้อดีและข้อเสียของการกำจัดฟอสฟอรัสโดยใช้เกลือของโลหะในระดับต่างๆของการบำบัด..... 8
ตารางที่ 3.1 ค่าคงที่การละลายน้ำ(SOLUBILITY PRODUCT CONSTANT ; K_{sp}) ของสารประกอบต่างๆที่อุณหภูมิที่ระบุไว้..... 14
ตารางที่ 4.1 วิธีวิเคราะห์หาลักษณะทางเคมีและลักษณะทางกายภาพที่ใช้ในการวิจัยนี้..... 26
ตารางที่ 4.2 สารเคมีที่ใช้เตรียมน้ำเสียสังเคราะห์..... 30
ตารางที่ 5.1 ผลการวิเคราะห์น้ำใสส่วนบน จากถังหมักแบบไร้ออกซิเจน โรงบำบัดน้ำเสียห้วยขวาง การเคหะแห่งชาติ วิเคราะห์โดย นางไมตรี พระประเสริฐ จำนวน 15 ตัวอย่าง..... 37
ตารางที่ 5.2 ผลการวิเคราะห์น้ำใสส่วนบน จากถังหมักแบบไร้ออกซิเจน โรงบำบัดน้ำเสียห้วยขวาง การเคหะแห่งชาติ วิเคราะห์ในงานวิจัยนี้ จำนวน 23 ตัวอย่าง..... 38
ตารางที่ 5.3 ผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติของข้อมูลลักษณะน้ำใสส่วนบน จากถังหมักแบบไร้ออกซิเจน โรงบำบัดน้ำเสียห้วยขวาง การเคหะแห่งชาติ ตัวอย่างน้ำประเภท 'R'..... 54
ตารางที่ 5.4 ผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติของข้อมูลลักษณะน้ำใสส่วนบน จากถังหมักแบบไร้ออกซิเจน โรงบำบัดน้ำเสียห้วยขวาง การเคหะแห่งชาติ ตัวอย่างน้ำประเภท 'F'..... 55
ตารางที่ 5.5 สรุปการทดลองครั้งที่ 1.1..... 57
ตารางที่ 5.6 สรุปการทดลองครั้งที่ 1.2..... 58
ตารางที่ 5.7 สรุปการทดลองครั้งที่ 2..... 59
ตารางที่ 5.8 สรุปการทดลองครั้งที่ 3..... 60

หน้า

ตารางที่ 5.9 สรุปการทดลองครั้งที่ 4..... 61
ตารางที่ 5.10 สรุปการทดลองครั้งที่ 5..... 62
ตารางที่ 5.11 สรุปการทดลองครั้งที่ 6..... 63
ตารางที่ 5.12 สรุปการทดลองครั้งที่ 7..... 64
ตารางที่ 5.13 สรุปการทดลองครั้งที่ 8..... 65
ตารางที่ 5.14 สรุปการทดลองครั้งที่ 9..... 66
ตารางที่ 5.15 สรุปการทดลองครั้งที่ 10..... 67
ตารางที่ 5.16 สรุปการทดลองครั้งที่ 11..... 68
ตารางที่ 5.17 สรุปการทดลองครั้งที่ 12..... 69
ตารางที่ 5.18 สรุปการทดลองครั้งที่ 13..... 70
ตารางที่ 5.19 สรุปการทดลองครั้งที่ 14..... 71
ตารางที่ 5.20 สรุปการทดลองครั้งที่ 15..... 72
ตารางที่ 5.21 สรุปการทดลองครั้งที่ 16..... 73
ตารางที่ 5.22 สรุปการทดลองครั้งที่ 17..... 74
ตารางที่ 5.23 สรุปการทดลองครั้งที่ 18..... 75
ตารางที่ 5.24 สรุปการทดลองครั้งที่ 19..... 76
ตารางที่ 5.25 สรุปการทดลองครั้งที่ 20..... 78
ตารางที่ 5.26 ร้อยละของปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนและปริมาณฟอสเฟตที่ลดลง ในการทดลองที่ 20..... 80
ตารางที่ 5.27 สรุปการทดลองครั้งที่ 21..... 82
ตารางที่ 5.28 ร้อยละของปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนและปริมาณฟอสเฟตที่ลดลง ในการทดลองที่ 20..... 85
ตารางที่ 5.29 สรุปการทดลองครั้งที่ 22..... 86
ตารางที่ 5.30 สรุปการทดลองครั้งที่ 23..... 87

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 3.1 แผนภูมิแสดงการประยุกต์ใช้กระบวนการตกตะกอนทางเคมี เพื่อกำจัดแอมโมเนียและฟอสเฟตพร้อมกัน ในระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ในปัจจุบัน..... 21

รูปที่ 3.2 แผนภูมิแสดงการกำจัดแอมโมเนียและฟอสเฟตโดยการตกตะกอนทางเคมีพร้อมกัน ด้วยแมกนีเซียมในลักษณะกระบวนการต่อเนื่อง..... 22

รูปที่ 4.1 แผนภูมิสรุปแผนการทดลอง..... 24

รูปที่ 4.2 แสดงรูปร่างและขนาดจาร์ที่ใช้ในการทดลอง..... 29

รูปที่ 5.1 แผนภูมิสรุปผลและการดำเนินวิจัยสืบเนื่อง..... 32

รูปที่ 5.2 กราฟโอกาสความน่าจะเป็นของพีเอช ตัวอย่างน้ำประเภท "R"..... 40

รูปที่ 5.3 กราฟโอกาสความน่าจะเป็นของพีเอช ตัวอย่างน้ำประเภท "F"..... 41

รูปที่ 5.4 กราฟโอกาสความน่าจะเป็นของซีโอดี ตัวอย่างน้ำประเภท "R"..... 42

รูปที่ 5.5 กราฟโอกาสความน่าจะเป็นของซีโอดี ตัวอย่างน้ำประเภท "F"..... 43

รูปที่ 5.6 กราฟโอกาสความน่าจะเป็นของบีโอดี(5 วัน)..... 44

รูปที่ 5.7 กราฟโอกาสความน่าจะเป็นของทีเคเอ็น ตัวอย่างน้ำประเภท "R".... 45

รูปที่ 5.8 กราฟโอกาสความน่าจะเป็นของทีเคเอ็น ตัวอย่างน้ำประเภท "F".... 46

รูปที่ 5.9 กราฟโอกาสความน่าจะเป็นของแอมโมเนียไนโตรเจน ตัวอย่างน้ำประเภท "R"..... 47

รูปที่ 5.10 กราฟโอกาสความน่าจะเป็นของแอมโมเนียไนโตรเจน ตัวอย่างน้ำประเภท "F"..... 48

รูปที่ 5.11 กราฟโอกาสความน่าจะเป็นของฟอสเฟต ตัวอย่างน้ำประเภท "R"... 49

รูปที่ 5.12 กราฟโอกาสความน่าจะเป็นของฟอสเฟต ตัวอย่างน้ำประเภท "F"... 50

รูปที่ 5.13 กราฟโอกาสความน่าจะเป็นของค่าความเป็นด่าง ตัวอย่างน้ำประเภท "R"..... 51

รูปที่ 5.14 กราฟโอกาสความน่าจะเป็นของค่าความเป็นด่าง ตัวอย่างน้ำประเภท "F"..... 52

รูปที่ 5.15 กราฟโอกาสความน่าจะเป็นของปริมาณของแข็งแขวนลอย..... 53