ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
246203

การบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยระบบแอนแอโรบิกฟลูอิดไดซ์เบด ที่ใช้เม็ดยางเป็นวัสดุตัวกลาง : ผลของระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย

นายธนวัฒน์ ดามิกรณ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2553
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

b00250662

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
246203

การบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยระบบแอนแอโรบิกฟลูอิดไดซ์เบด ที่ใช้เม็ดยางเป็นวัสดุตัวกลาง : ผลของระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย

นายธนวัฒน์ จามิกรณ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2553
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5070561621

SYNTHETIC WASTEWATER TREATMENT BY ANAEROBIC FLUIDIZED BED SYSTEM USING RUBBER GRANULE AS A MEDIA: EFFECT OF HYDRAULIC RETENTION TIME

Mr. Thanawat Jamikorn

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering Program in Environmental Engineering

Department of Environmental Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2010

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยระบบแอนแอโรบิกฟลูอิดไดซ์เบดที่ใช้เม็ดยางเป็นวัสดุตัวกลาง : ผลของระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย
โดย	นายธนวัฒน์ จามิกรณ์
สาขาวิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิบูลย์ลักษณ์ พึ่งรัศมี

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. เพ็ชรพร เชาวกิจเจริญ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิบูลย์ลักษณ์ พึ่งรัศมี)

..... กรรมการ
(ดร. ตะวัน ลิมปิยากร)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. มั่นสิน ตันฑุลเวศม์)

ธนวัฒน์ จามิกรณ์ : การบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยระบบแอนแอโรบิกฟลูอิดไดซ์เบดที่ใช้เม็ดยางเป็นวัสดุตัวกลาง : ผลของระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย (SYNTHETIC WASTEWATER TREATMENT BY ANAEROBIC FLUIDIZED BED SYSTEM USING RUBBER GRANULE AS A MEDIA : EFFECT OF HYDRAULIC RETENTION TIME) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผศ. ดร.วิบูลย์ลักษณ์ พึ่งรัศมี , 112 หน้า.

246203

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของการลดค่าระยะเวลากักเก็บน้ำเสียต่อประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีและการเกิดก๊าซชีวภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอนแอโรบิกฟลูอิดไดซ์เบด โดยใช้เม็ดยางที่ผลิตจากเศษยางรถยนต์ใช้แล้วเป็นวัสดุตัวกลาง ทำการทดลองที่ระยะเวลากักเก็บน้ำเสียที่ต่ำกว่างานวิจัยส่วนใหญ่ 4 ค่าคือ 8 5 2 และ 0.4 ชม. โดย 0.4 ชม.เป็นสภาวะการเดินระบบที่ไม่มีการหมุนเวียนน้ำเสียภายใน ถังปฏิกรณ์ที่ใช้มีปริมาตร 3.5 ล. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.05 ม. สูง 2 ม. น้ำเสียสังเคราะห์เตรียมจากน้ำประปาโดยมีน้ำตาลทรายเป็นแหล่งสารอินทรีย์คาร์บอน เริ่มเดินระบบโดยการป้อนน้ำเสียต่อเนื่องด้วยการเพิ่มอัตราภาระสารอินทรีย์จาก 0.5 ถึง 5.0 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน จนระบบอยู่ในสภาวะคงตัว จากนั้นจึงเข้าสู่ช่วงการทดลองแปรค่าระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย โดยปรับเปลี่ยนอัตราการไหลของน้ำเสียเข้าถังปฏิกรณ์และค่าซีโอดีที่ระยะเวลากักเก็บน้ำเสียต่างๆ ให้สัมพันธ์กันเพื่อควบคุมอัตราภาระสารอินทรีย์ของทุกการทดลองให้เท่ากันที่ 8 กก.ซีโอดี/ลบ.ม-วัน ผลการทดลองพบว่าที่ระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย 8 5 2 และ 0.4 ชม. ระบบมีประสิทธิภาพเฉลี่ยในการบำบัดซีโอดีที่สูงโดยมีค่าลดลงตามระยะเวลากักเก็บน้ำเสียที่ต่ำลงได้แก่ 89.4 82.3 70.1 และ 70.3 เปอร์เซ็นต์ และอัตราการเกิดก๊าซชีวภาพที่ไม่ต่างกันคือ 0.40 0.38 0.36 และ 0.35 ล./ก. ซีโอดีที่ถูกกำจัดตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแม้ระบบจะใช้ระยะเวลากักเก็บน้ำเสียที่ต่ำ แต่เมื่อควบคุมสภาวะการเดินระบบให้เหมาะสมและประกอบกับข้อดีของระบบแอนแอโรบิกฟลูอิดไดซ์เบดที่สามารถรักษาความเข้มข้นของมวลชีวภาพไว้ได้มากและมีการกระจายน้ำเสียได้ทั่วถังปฏิกรณ์ จึงทำให้ระบบยังมีประสิทธิภาพในการบำบัดซีโอดีที่ดีโดยระยะเวลากักเก็บน้ำเสียที่ต่ำจะทำให้ถังปฏิกรณ์มีขนาดเล็กลงหรือสามารถรับอัตราการไหลของน้ำเสียที่มากขึ้นได้ นอกจากนี้ยังอาจกล่าวได้ว่าเม็ดยางมีความเหมาะสมที่จะใช้เป็นวัสดุตัวกลางในระบบแอนแอโรบิกฟลูอิดไดซ์เบด เนื่องจากสามารถเข้ากันได้กับจุลินทรีย์ในระบบ โดยสามารถพบการเกาะติดของจุลินทรีย์กลุ่มสร้างมีเทนในชั้นฟิล์มชีวภาพรอบเม็ดยาง และผนวกกับลักษณะเด่นของเม็ดยางที่เป็นวัสดุที่มีความหนาแน่นต่ำจึงง่ายต่อการสร้างสภาวะฟลูอิดไดซ์และใช้พลังงานที่ต่ำในการควบคุมให้อยู่ในสภาวะฟลูอิดไดซ์ตลอดเวลา

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต ธนวัฒน์ จามิกรณ์

สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ปีการศึกษา 2553

5070561621 : MAJOR ENVIRONMENTAL ENGINEERING

KEYWORDS : ANAEROBIC FLUIDIZED BED / CRUMB RUBBER / HYDRAULIC RETENTION TIME / WASTEWATER TREATMENT

THANAWAT JAMIKORN : SYNTHETIC WASTEWATER TREATMENT OF ANAEROBIC FLUIDIZED BED SYSTEM USING RUBBER GRANULE AS A MEDIA : EFFECT OF HYDRAULIC RETENTION TIME.

ADVISOR : ASST.PROF. WIBOONLUK PUNGRUSMI, Ph.D., 112 pp.

246203

The aim of this research is to study the effect of Hydraulic Retention Time (HRT) to COD removal and biogas production of anaerobic fluidized bed system by using rubber granule as a media for treating synthetic wastewater. The dimensions of reactor are 2.0 m. height, an internal diameter of 0.05 m. and a total volume of 3.5 liter. The experiments were operated with low 4 hydraulic retention time as 8, 5, 2 and 0.4 hrs, while 0.4 hrs was uncirculated wastewater condition in a reactor. Start-up process was performed by step up feeding of synthetic wastewater into the reactor with organic loading rate from 0.5 to 5.0 kg.COD/m^3-d. until the system reaches the steady state. Then proceed to the experimental treatment by adjusting the flow rate and COD value corresponding to various HRTs in order to control the organic loading rate constant at 8 kg.COD/m^3/d. Based on the experimental results, anaerobic fluidized bed system using rubber granule as a media at hydraulic retention time of 8, 5 , 2 and 0.4 hrs achieved the COD removal efficiency of 89.4 , 82.3 , 70.1 and 70.3% and the biogas production were 0.40, 0.38, 0.36 and 0.35 L./g.COD removed respectively. The result indicated that anaerobic fluidized bed still show effective in the treatment of COD, base on the advantages of this system which is able to maintain the high concentration of biomass and good water distribution around the tank. Moreover, it can be concluded that the crumb rubber was the appropriate media in anaerobic fluidized bed system. The crumb rubber could compatible with microorganisms in the system, making methanogen groups could created biofilm layer surrounding the rubber beads. In addition, crumb rubber material is low density and easy to create fluidized conditions with low energy to control and maintain this situation at all times

Department : Environmental Engineering ..... Student's Signature Thanawat

Field of Study : Environmental Engineering ..... Advisor's Signature Wiboonluk P.

Academic Year : 2010 .....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิบูลย์ลักษณ์ พึ่งรัศมี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้สละเวลา ให้แนวทาง คำปรึกษา และข้อแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการทำงานวิจัย ตลอดจนให้กำลังใจในการเขียนเล่มวิทยานิพนธ์นี้จนเสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ ดร. ชัยพร ภู่ประเสริฐ ที่ให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ที่เป็นประโยชน์นี้แก่ผู้วิจัย และช่วยจุดประกายความคิดอีกมากมายเกี่ยวกับงานวิจัย รวมถึงได้ให้คำปรึกษาที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์ในทุกขั้นตอน

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.เพ็ชรพร เชาวกิจเจริญ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ดร. ตะวัน ลิมปิยากร กรรมการสอบ และรองศาสตราจารย์ ดร.มั่นสิน ตันฑุลเวศม์ กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกมหาวิทยาลัย ที่ได้สละเวลาในการสอบวิทยานิพนธ์ และให้คำแนะนำอันเป็นแนวทางที่ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้สถานที่และเครื่องมือต่างๆ ของห้องปฏิบัติการวิจัย รวมทั้งขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆ ที่ได้ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือเรื่องข้อมูลต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย

ขอขอบคุณบริษัท บริษัท แซน.อี.68 คอนซัลติ้ง เอ็นจิเนียรส์ ที่เอื้อเฟื้อชุดอุปกรณ์สำหรับวัดปริมาตรก๊าซ จนกระทั่งงานวิจัยเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่มอบทุนสนับสนุนงานวิจัยนี้ จนทำให้สามารถทำการวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ บิดา และญาติพี่น้องทุกๆ คน ที่อบรมสั่งสอน ให้การสนับสนุน และคอยช่วยเหลือ รวมทั้งเป็นกำลังใจในการศึกษา จนทำให้การทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ประสบผลสำเร็จได้ตามที่ตั้งใจ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฌ

สารบัญภาพ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย..... 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 3

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 4

2.1 แนวคิดและทฤษฎีการบำบัดแบบไร้ออกซิเจน..... 4

2.2 รูปแบบของระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจน..... 18

2.3 ระบบแอนแอโรบิกฟลูอิดไดซ์เบด..... 21

2.4 การระบุชนิดและวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ในระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจน... 28

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 30

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 35

3.1 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี..... 35

3.2 ถังปฏิกรณ์และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง..... 37

3.3 การติดตั้งถังปฏิกรณ์และหลักการทำงาน..... 40

3.4 แผนการทดลอง..... 41

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล..... 50
4.1 การเริ่มต้นเดินระบบแอนแอโรบิกฟลูอิดไดซ์เบดที่ใช้เม็ดยางเป็นวัสดุตัวกลาง..... 52
4.2 การควบคุมระบบให้อยู่ในสภาวะฟลูอิดไดซ์..... 53
4.3 ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีและการเกิดก๊าซชีวภาพ..... 57
4.4 พารามิเตอร์ที่มีผลต่อระบบ..... 65
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... 79
5.1 สรุปผลการวิจัย..... 79
5.2 ข้อเสนอแนะ..... 81
รายการอ้างอิง..... 82
ภาคผนวก..... 86
ภาคผนวก ก..... 87
ภาคผนวก ข..... 93
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 112

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ค่าจลนพลศาสตร์สำหรับการบำบัดซีโอดีละลาย..... 10
ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบข้อได้เปรียบระหว่างระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจนและไร้ออกซิเจน..... 11
ตารางที่ 2.3 ความเข้มข้นอิออนบวกที่ส่งผลต่อระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจน 14
ตารางที่ 2.4 ข้อดีและข้อเสียของระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจนชนิดต่างๆ..... 20
ตารางที่ 2.5 สมรรถนะของระบบแอนแอโรบิกฟลูอิดไดซ์เบดในการบำบัดน้ำเสีย..... 22
ตารางที่ 3.1 องค์ประกอบของธาตุอาหารต่างๆในการเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์และระดับความเข้มข้นที่ใช้ในการทดลอง (ปริมาณต่อน้ำประปา 1 ลิตร)..... 35
ตารางที่ 3.2 ตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง..... 42
ตารางที่ 3.3 แผนการเพิ่มอัตราภาระสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบแอนแอโรบิกฟลูอิไดซ์เบดในระยะเริ่มเดินระบบ..... 45
ตารางที่ 3.4 สภาวะการเดินระบบของถังปฏิกรณ์ที่ 1 และ 2 ในช่วงแปรค่าระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย..... 46
ตารางที่ 3.5 พารามิเตอร์ที่วิเคราะห์ ความถี่และจุดเก็บตัวอย่าง..... 47
ตารางที่ 3.6 รายละเอียดของโพรบที่ใช้ในงานวิจัย..... 49
ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ ในช่วงเริ่มต้นเดินระบบ..... 53
ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของการเกิดสภาวะฟลูอิดไดซ์ระหว่างวัสดุตัวกลางชนิดต่างๆ..... 54
ตารางที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยซีโอดีเข้าและออกจากระบบและประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีที่ระยะเวลากักเก็บน้ำเสียต่างๆ ในถังปฏิกรณ์แอนแอโรบิกฟลูอิดไดซ์เบด..... 59
ตารางที่ 4.4 ปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพเฉลี่ยและก๊าซมีเทนในถังปฏิกรณ์แอนแอโรบิกฟลูอิดไดซ์เบดเมื่อเดินระบบที่ระยะเวลากักเก็บน้ำเสียค่าต่างๆ..... 62
ตารางที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์ต่างๆในระหว่างเดินระบบของถังปฏิกรณ์ที่ 1 และ 2.... 67
ตารางที่ 4.6 ความเข้มข้นของฟอสโฟไลปิด สารอินทรีย์ระเหยได้ และอัตราส่วนของสารอินทรีย์ระเหยได้ต่อความเข้มข้นของฟอสโฟไลปิดที่ระยะเวลากักเก็บน้ำเสียต่างๆ..... 75

หน้า

ตารางที่ ข-1 ค่าซีโอดีและประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีในช่วงเริ่มเดินระบบ
ของถังปฏิกรณ์ที่ 1 94
ตารางที่ ข-2 ค่าซีโอดีและประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีในช่วงเริ่มเดินระบบ
ของถังปฏิกรณ์ที่ 2 95
ตารางที่ ข-3 ปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพในถังปฏิกรณ์ที่ 1 ช่วงเริ่มเดินระบบ..... 97
ตารางที่ ข-4 ปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพในถังปฏิกรณ์ที่ 2 ช่วงเริ่มเดินระบบ..... 97
ตารางที่ ข-5 ค่าพีเอชน้ำเข้าและน้ำทิ้งในถังปฏิกรณ์ที่ 1 ช่วงเริ่มเดินระบบ 98
ตารางที่ ข-6 ค่าพีเอชน้ำเข้าและน้ำทิ้งในถังปฏิกรณ์ที่ 2 ช่วงเริ่มเดินระบบ..... 99
ตารางที่ ข-7 ค่ากรดไขมันระเหยและสภาพความเป็นด่างในถังปฏิกรณ์ที่ 1
ช่วงเริ่มเดินระบบ..... 99
ตารางที่ ข-8 ค่ากรดไขมันระเหยและสภาพความเป็นด่างในถังปฏิกรณ์ที่ 2
ช่วงเริ่มเดินระบบ..... 100
ตารางที่ ข-9 ปริมาณของแข็งแขวนลอยในถังปฏิกรณ์ที่ 1 ช่วงเริ่มเดินระบบ..... 100
ตารางที่ ข-10 ปริมาณของแข็งแขวนลอยในถังปฏิกรณ์ที่ 2 ช่วงเริ่มเดินระบบ..... 100
ตารางที่ ข-11 ค่าซีโอดีและประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีที่ระยะเวลากักเก็บ
น้ำเสีย 8 ชม. 101
ตารางที่ ข-12 ค่าซีโอดีและประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีที่ระยะเวลากักเก็บ
น้ำเสีย 5 ชม. 102
ตารางที่ ข-13 ค่าซีโอดีและประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีที่ระยะเวลากักเก็บ
น้ำเสีย 2 ชม. 102
ตารางที่ ข-14 ค่าซีโอดีและประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีที่ระยะเวลากักเก็บ
น้ำเสีย 0.4 ชม. 103
ตารางที่ ข-15 ปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพที่ระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย 8 ชม. 104
ตารางที่ ข-16 ปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพที่ระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย 5 ชม. 104
ตารางที่ ข-17 ปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพที่ระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย 2 ชม. 105
ตารางที่ ข-18 ปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพที่ระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย 0.4 ชม. 105
ตารางที่ ข-19 ค่าพีเอชน้ำเข้าและน้ำทิ้งที่ระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย 8 ชม. 106
ตารางที่ ข-20 ค่าพีเอชน้ำเข้าและน้ำทิ้งที่ระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย 5 ชม. 106

หน้า

ตารางที่ ข-21 ค่าพีเอชน้ำเข้าและน้ำทิ้งที่ระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย 2 ชม. 107
ตารางที่ ข-22 ค่าพีเอชน้ำเข้าและน้ำทิ้งที่ระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย 0.4 ชม. 107
ตารางที่ ข-23 ค่ากรดไขมันระเหยและสภาพความเป็นด่างที่ระยะเวลากักเก็บ
น้ำเสีย 8 ชม. 108
ตารางที่ ข-24 ค่ากรดไขมันระเหยและสภาพความเป็นด่างที่ระยะเวลากักเก็บ
น้ำเสีย 5 ชม. 108
ตารางที่ ข-25 ค่ากรดไขมันระเหยและสภาพความเป็นด่างที่ระยะเวลากักเก็บ
น้ำเสีย 2 ชม. 109
ตารางที่ ข-26 ค่ากรดไขมันระเหยและสภาพความเป็นด่างที่ระยะเวลากักเก็บ
น้ำเสีย 0.4 ชม. 109
ตารางที่ ข-27 ปริมาณของแข็งแขวนลอยที่ระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย 8 ชม. 109
ตารางที่ ข-28 ปริมาณของแข็งแขวนลอยที่ระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย 5 ชม. 110
ตารางที่ ข-29 ปริมาณของแข็งแขวนลอยที่ระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย 2 ชม. 110
ตารางที่ ข-30 ปริมาณของแข็งแขวนลอยที่ระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย 0.4 ชม. 110

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 2.1 ปฏิกิริยารีดอกซ์ในการบำบัดน้ำเสีย..... 4
ภาพที่ 2.2 ขั้นตอนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียโดยกระบวนการไร้ออกซิเจน... 5
ภาพที่ 2.3 การเปลี่ยนค่าพลังงานอิสระเมื่อความดันพาร์เชียลของไฮโดรเจน (Hydrogen partial pressure) มีค่าเปลี่ยนแปลง..... 16
ภาพที่ 2.4 รูปแบบของระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจนแบบต่างๆ..... 19
ภาพที่ 2.5 องค์ประกอบของระบบแอนแอโรบิกฟลูอิดไดซ์เบด..... 21
ภาพที่ 2.6 แรงที่กระทำต่อวัตถุในของไหลในสภาวะฟลูอิดไดซ์เซชัน..... 24
ภาพที่ 2.7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเลขเรย์โนลด์กับค่า m ที่ใช้ในการคำนวณค่าความเร็วสุดท้าย..... 27
ภาพที่ 3.1 เม็ดยางบดละเอียด..... 37
ภาพที่ 3.2 ภาพละเอียดถังปฏิกรณ์แอนแอโรบิกฟลูอิดไดซ์เบดที่ใช้ในการทดลอง..... 38
ภาพที่ 3.3 ส่วนประกอบและจุดเก็บตัวอย่างของระบบบำบัดแบบแอนแอโรบิกฟลูอิดไดซ์เบด..... 41
ภาพที่ 3.4 ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง..... 44
ภาพที่ 4.1 ระยะเวลาเดินระบบการทดลองและการเปลี่ยนแปลงค่าซีโอดีตลอดช่วงระยะการทดลองถังปฏิกรณ์ที่ 1 และ 2..... 51
ภาพที่ 4.2 การอุดตันและลอยตัวของชั้นตัวกลางในถังปฏิกรณ์ฟลูอิดไดซ์เบด..... 57
ภาพที่ 4.3 การคัดแยกขนาดของวัสดุตัวกลางตามชั้นความสูงในถังปฏิกรณ์ฟลูอิดไดซ์เบด..... 57
ภาพที่ 4.4 ค่าซีโอดีและประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีที่ระยะเวลากักเก็บน้ำเสียต่างๆ..... 58
ภาพที่ 4.5 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีที่ระยะเวลากักเก็บน้ำเสียต่างๆ..... 60
ภาพที่ 4.6 ปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพที่ระยะเวลากักเก็บน้ำเสียต่างๆ..... 63
ภาพที่ 4.7 เปรียบเทียบก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจริงกับทฤษฎีที่ระยะเวลากักเก็บน้ำเสียต่างๆ..... 64

หน้า

ภาพที่ 4.8 อัตราส่วนการเกิดก๊าซชีวภาพต่อซีโอดีที่ถูกกำจัดเมื่อทำการแปรผันระยะเวลากักเก็บน้ำเสียที่ค่าต่างๆ..... 65
ภาพที่ 4.9 การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ต่างๆในระหว่างการเดินระบบของถังปฏิกรณ์ที่ 1..... 68
ภาพที่ 4.10 การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ต่างๆในระหว่างการเดินระบบของถังปฏิกรณ์ที่ 2..... 69
ภาพที่ 4.11 ปริมาณตะกอนแขวนลอยของน้ำทิ้งที่สภาวะการกักเก็บน้ำเสียในระบบแอนแอโรบิกฟลูอิดไดซ์เบดค่าต่างๆ..... 70
ภาพที่ 4.12 ลักษณะพื้นผิวเม็ดยางและลักษณะชั้นจุลินทรีย์ที่เกาะรอบเม็ดยาง..... 72
ภาพที่ 4.13 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอนของเม็ดยางที่ใช้เป็นวัสดุตัวกลางในถังปฏิกรณ์แอนแอโรบิกฟลูอิดไดซ์เบดที่ระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย 2 ชม 74
ภาพที่ 4.14 การสังเกตการเรืองแสงเมื่อส่องตัวอย่างจากจุลินทรีย์ที่เกาะบนเม็ดยางจากถังปฏิกรณ์แอนแอโรบิกฟลูอิดไดซ์เบดด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่มีแสงฟลูออเรสเซนต์..... 78
ภาพที่ 1-ก ความสัมพันธ์ระหว่างความเขมข้นของฟอสโฟไลปิดและค่าการดูดซับแสงที่ 660 นาโนเมตร..... 90
ภาพที่ 1-ข ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ของก๊าซมีเทนที่ระยะเวลากักเก็บน้ำเสียต่างๆ.... 110