152

การบำบัดน้ำที่ออกจากกระบวนการสลัดจ์กัมมันต์เพื่อใช้เป็นน้ำเติมหอทำน้ำเย็น

นาย สมนึก จารุดิลกกุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศกรรมเคมี
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2538

ISBN 974-631-598-6

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I16456265

TREATMENT OF ACTIVATED SLUDGE PROCESS EFFLUENT FOR COOLING TOWER MAKE-UP WATER

Mr. Somnuk Jarudilokkul

A Thesis Submitted in Partial Fulfilment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Chemical Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University
1995

ISBN 974-631-598-6

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การบำบัดน้ำที่ออกจากกระบวนการสลัดจ์กัมมันต์เพื่อใช้เป็นน้ำเติมหอทำน้ำเย็น
โดย	นาย สมนึก จารุดิลกกุล
ภาควิชา	วิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อาจารย์ที่ปรึกษา	ศาสตราจารย์ ดร. วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	นาย จำลอง เสียงสืบชาติ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. สันติ ถุงสุวรรณ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร. ปิยะสาร ประเสริฐธรรม)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ศาสตราจารย์ ดร. วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(นาย จำลอง เสียงสืบชาติ)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ สุวัฒนา พวงเพิกศึก)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร. เจิดศักดิ์ ไชยคุณา)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

สมนึก จารุดิลกกุล : การบำบัดน้ำที่ออกจากกระบวนการสลัดจ์กัมมันต์เพื่อใช้เป็นน้ำเติมหอทำน้ำเย็น (TREATMENT OF ACTIVATED SLUDGE PROCESS EFFLUENT FOR COOLING TOWER MAKE-UP WATER) อ.ที่ปรึกษา : ศ.ดร.วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล, อ.ที่ปรึกษาร่วม : นายจำลอง เสียงสืบชาติ, 107 หน้า. ISBN 974-631-598-6

การบำบัดน้ำที่ออกจากกระบวนการสลัดจ์กัมมันต์เพื่อให้ได้คุณภาพของน้ำเติมหอทำน้ำเย็นจะทำให้สามารถใช้ประโยชน์เป็นแหล่งน้ำได้ การศึกษานี้เกี่ยวกับการพัฒนาวิธีการบำบัดขั้นสูงของน้ำที่ออกจากกระบวนการสลัดจ์กัมมันต์ ระบบบำบัดประกอบด้วย การกรองด้วยวัสดุเม็ด 2 ชนิด การแลกเปลี่ยนไอออน และเบรคพ้อยต์คลอรีเนชัน

จากผลการวิจัยพบว่า เงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับหน่วยปฏิบัติการแต่ละหน่วยเป็นดังนี้ เงื่อนไขการกรองด้วยวัสดุเม็ด 2 ชนิด ได้แก่ ชั้นทรายซึ่งมีความสูง 20 ซม. และชั้นแอนทราไซต์ซึ่งมีความสูง 40 ซม. และอัตราการไหลของน้ำเข้า 20 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. เงื่อนไขการแลกเปลี่ยนไอออน ได้แก่ ชั้นเรซิน Duolite C20 ซึ่งมีความสูง 90 ซม. และอัตราการไหลของน้ำเข้า 10 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. เงื่อนไขของเบรคพ้อยต์คลอรีเนชัน ได้แก่ ปริมาณโซเดียมไฮโปคลอไรต์ที่เติมตอนแรก 2.7-3.0 มก./ล.

ลำดับของปฏิบัติการในระบบเป็นดังนี้ เริ่มต้นจากการกรองด้วยวัสดุเม็ดเพื่อกำจัดของแข็งแขวนลอย จากนั้นผ่านน้ำเข้าสู่การแลกเปลี่ยนไอออนเพื่อกำจัดความเป็นด่าง น้ำที่ออกมามีก๊าซละลายอยู่จึงนำไปผ่านหอไล่ก๊าซเพื่อกำจัดก๊าซ น้ำจากหอไล่ก๊าซมีสภาพเป็นกรดจึงนำมาสะเทินด้วยน้ำจากการกรองด้วยวัสดุเม็ดในสัดส่วนที่เท่ากัน สุดท้ายนำน้ำที่ผสมแล้วมาเติมโซเดียมไฮโปคลอไรต์เพื่อกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและเชื้อคอลิฟอร์ม ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำพบว่า น้ำที่ออกจากระบบดังกล่าวมีคุณภาพเหมาะต่อการเติมในหอทำน้ำเย็น

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2537 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

C517278 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING
KEY WORD: WATER RECLAMATION/ ACTIVATED SLUDGE PROCESS/ COOLING TOWER
SOMNUK JARUDILOKKUL : TREATMENT OF ACTIVATED SLUDGE EFFLUENT FOR COOLING TOWER MAKE-UP WATER. THESIS ADVISOR : PROF.WIWUT TANTHAPANICHAKOON, Ph.D., THESIS CO-ADVISOR : MR.CHAMLONG SIANGSUEBCHART, 107 pp. ISBN 974-631-598-6

Further treatment of activated sludge effluent to meet make-up water quality requirements for cooling tower can render it usable as water supply. This study pertains to the development of advanced treatment of activated sludge effluent. The process consists of dual-media filtration, ion-exchange and break-point chlorination.

It has been found that suitable conditions of each unit are as follows. Dual-media filtration conditions are sand height 20 cm., anthracite height 40 cm. and influent flow rate 20 m^3/m^2-hr. Ion-exchange conditions are Duolite C20 resin height 90 cm. and influent flow rate 10 m^3/m^2-hr. Break-point chlorination condition is initial sodium hypochlorite dosage 2.7-3.0 mg/l.

The sequence of operation is as follows. First, suspended solids were removed by the dual-media filter. Second, alkalinity was removed by ion-exchanger. Third, dissolved gas in the ion-exchange effluent was removed by the degasifier. Fourth, pH of the degasifier effluent was neutralized by mixing with the dual-media effluent at a ratio 1:1. Finally, total plate count and coliforms were killed by break-point chlorination. The quality of the effluent water from process meets the specifications of cooling tower make-up water.

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2537 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ ศ.ดร. วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล และ คุณ จำลอง เสียงสืบชาติ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ของการวิจัยมาด้วยดีตลอด รวมทั้งคณะกรรมการทุกท่านที่ได้ให้ข้อแนะนำต่าง ๆ ในวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณทุก ๆ ท่านมา ณ ที่นี้

นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณ บริษัท เนสเล่ท์(ประเทศไทย) จำกัด ที่ให้ความเอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัย ผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณ วีรวุฒิ มหาศร บริษัท ฟลูอิดโฮตดิ้ง จำกัด ที่เอื้อเฟื้อสารกรองและเรซินที่ใช้ในการวิจัย และ ขอขอบคุณ คุณ สมเกียรติ ฉัตรแสงอุทัย ที่เอื้อเฟื้อการสร้างอุปกรณ์ในการวิจัย

ขอขอบคุณ คุณ มณฑา วาณิชกุลนันท์ และ เจ้าหน้าที่ธุรการของภาควิชาวิศวกรรมเคมีทุกท่านที่ได้ช่วยติดต่อประสานงาน ระหว่างนิสิตกับอาจารย์ที่ปรึกษา และกับทางมหาวิทยาลัยจนกระทั่งวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลงได้

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ซึ่งให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... ข
กิตติกรรมประกาศ..... ค
สารบัญตาราง..... ฌ
สารบัญรูป..... ฎ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ..... ณ

บทที่

1 บทนำ..... 1
มูลเหตุจูงใจของการวิจัยและความเป็นมา..... 1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 3
ขอบเขตของงานวิจัย..... 3
1 การศึกษาลักษณะสมบัติของน้ำทิ้งจาก
ระบบบำบัดน้ำเสียแบบสลัดจ์กัมมันต์..... 3
2 การศึกษาหน่วยปฏิบัติการแต่ละหน่วย..... 4
3 การศึกษาการทำงานของระบบบำบัดน้ำ..... 5
ผลงานที่เกี่ยวข้อง..... 5
1 การใช้น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบสลัดกัมมันต์
เพื่อใช้เป็นน้ำบริโภค..... 5
2 การใช้น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสีย
แบบอ๊อกซิเดชันพอนด์เพื่อใช้เป็นน้ำบริโภค..... 7

สารบัญ(ต่อ)

บทที่		หน้า
	3 การใช้น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสีย แบบสลัดจ์กัมมันต์เพื่อใช้เติมหอทำน้ำเย็น	7
2	ความรู้พื้นฐาน	9
	ระบบบำบัดน้ำเสียแบบสลัดจ์กัมมันต์	9
	หอทำน้ำเย็น	9
	หน่วยปฏิบัติการที่ใช้ในการบำบัดน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่	11
3	การเลือกหน่วยปฏิบัติการที่ใช้งาน	14
	ลักษณะสมบัติของน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบสลัดจ์กัมมันต์	14
	ลักษณะสมบัติของน้ำเติมสำหรับหอทำน้ำเย็น	15
	ลักษณะสมบัติทั่วไปของน้ำเติมที่ก่อให้เกิดปัญหาในระบบหอทำน้ำเย็น	16
	หน่วยปฏิบัติการที่เลือกใช้ในงานวิจัย	16
4	ทฤษฎีพื้นฐานของหน่วยปฏิบัติการที่เลือก	18
	การกรองด้วยวัสดุเม็ด	18
	การแลกเปลี่ยนไอออน	26
	คลอรีเนชัน	35
5	การดำเนินการวิจัย	43
	ลำดับการทดลอง	43

สารบัญ(ต่อ)

บทที่ หน้า

การทดลองศึกษาอัตราการไหลของน้ำเข้าและความสูง
ของชั้นสารกรองที่เหมาะสมกับการกรองด้วยวัสดุเม็ด..... 43
1 อุปกรณ์และเครื่องมือ..... 43
2 สารที่ใช้ทดลอง..... 43
3 วิธีการทดลอง..... 45
การทดลองศึกษาอัตราการไหลของน้ำเข้าและความสูง
ของชั้นเรซินที่เหมาะสมกับการแลกเปลี่ยนไอออน..... 46
1 อุปกรณ์และเครื่องมือ..... 46
2 สารที่ใช้ทดลอง..... 46
3 วิธีการทดลอง..... 46
การทดลองศึกษาปริมาณโซเดียมไฮโปคลอไรต์ที่เหมาะสม
สำหรับคลอรีเนชัน..... 50
1 อุปกรณ์และเครื่องมือ..... 50
2 สารที่ใช้ทดลอง..... 50
3 วิธีการทดลอง..... 50
การทดลองระบบบำบัดน้ำทั้งระบบ..... 51

6 ผลการทดลองและการวิจารณ์..... 55
ผลการทดลองศึกษาอัตราการไหลของน้ำเข้าและความสูง
ของชั้นสารกรองที่เหมาะสมกับการกรองด้วยวัสดุเม็ด..... 55
1 ผลการทดลองของความสูงของชั้นทราย 20 ซม.
และแอนทราไซต์ 40 ซม. เมื่ออัตราการไหลของ
น้ำเข้า 20 , 30 และ 40 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม..... 55

สารบัญ(ต่อ)

บทที่		หน้า
	2 ผลการทดลองของความสูงของชั้นทราย 25 ซม. และแอนทราไซต์ 50 ซม. เมื่ออัตราการไหลของน้ำเข้า 20 , 30 และ 40 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.....	55
	3 ผลการทดลองของความสูงของชั้นทราย 30 ซม. และแอนทราไซต์ 60 ซม. เมื่ออัตราการไหลของน้ำเข้า 20 , 30 และ 40 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.....	56
	4 วิจารณ์ผลการทดลอง.....	56
	ผลการทดลองศึกษาอัตราการไหลของน้ำเข้าและความสูงของชั้นเรซินที่เหมาะสมกับการแลกเปลี่ยนไอออน.....	57
	1 ผลการทดลองของความสูงชั้นเรซิน 70 ซม. ให้อัตราการไหลของน้ำเข้า 10 , 20 และ 30 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.....	57
	2 ผลการทดลองของความสูงชั้นเรซิน 80 ซม. ให้อัตราการไหลของน้ำเข้า 10 , 20 และ 30 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.....	58
	3 ผลการทดลองของความสูงชั้นเรซิน 90 ซม. ให้อัตราการไหลของน้ำเข้า 10 , 20 และ 30 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.....	58
	4 วิจารณ์ผลการทดลอง.....	59
	ผลการทดลองศึกษาปริมาณโซเดียมไฮโปคลอไรต์ที่เหมาะสมสำหรับคลอรีเนชันและการวิจารณ์.....	55
	ผลการทดลองระบบบำบัดน้ำทั้งระบบและการวิจารณ์.....	57
7	สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	68

สารบัญ(ต่อ)

บทที่ หน้า

สรุปผลการวิจัย..... 68
ข้อเสนอแนะ..... 69
เอกสารอ้างอิง..... 70
ภาคผนวก..... 72
ภาคผนวก ก ผลการทดลอง..... 73
ภาคผนวก ข วิธีการคำนวณ.....104
ประวัติผู้เขียน.....107

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 หน่วยปฏิบัติการต่างๆ ที่ใช้บำบัดน้ำเพื่อใช้เติมหอทำน้ำเย็น หรือหม้อไอน้ำ..... 8
3.1 คุณภาพของน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบสลัดจ์กัมมันต์ (ช่วงเดือน มีนาคม 2537) 14
3.2 ลักษณะสมบัติของน้ำเติมหอทำน้ำเย็น..... 15
4.1 การใช้สารเคมีชนิดต่าง ๆ ในระบบบำบัดน้ำเสีย..... 41
4.2 ปริมาณคลอรีนที่เติมสำหรับการนำไปใช้งานประเภทต่าง ๆ 42
5.1 คุณสมบัติและข้อแนะนำการใช้งานเรซิน Duolite C20..... 49
6.1 ผลการทดลองการกรองด้วยวัสดุเม็ดที่ความสูงทราย 20 ซม. และแอนทราไซต์ 40 ซม..... 55
6.2 ผลการทดลองการกรองด้วยวัสดุเม็ดที่ความสูงทราย 25 ซม. และแอนทราไซต์ 50 ซม..... 56
6.3 ผลการทดลองการกรองด้วยวัสดุเม็ดที่ความสูงทราย 30 ซม. และแอนทราไซต์ 70 ซม..... 56
6.4 ผลการทดลองการแลกเปลี่ยนไอออนที่ความสูงเรซิน 70 ซม..... 58
6.5 ผลการทดลองการแลกเปลี่ยนไอออนที่ความสูงเรซิน 80 ซม..... 58
6.6 ผลการทดลองการแลกเปลี่ยนไอออนที่ความสูงเรซิน 90 ซม..... 58
6.7 ผลการทดลองคลอรีเนชันครั้งที่1..... 63
6.8 ผลการทดลองคลอรีเนชันครั้งที่2..... 64
6.9 ผลการทดลองระบบบำบัดน้ำทิ้งระบบ(15 ก.พ. 2538)..... 65
6.10 ผลการทดลองระบบบำบัดน้ำทิ้งระบบ(16 ก.พ. 2538)..... 65
6.11 ผลการทดลองระบบบำบัดน้ำทิ้งระบบ(17 ก.พ. 2538)..... 66
6.12 ผลการทดลองระบบบำบัดน้ำทิ้งระบบ(18 ก.พ. 2538)..... 66

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ หน้า

6.13 ผลการทดลองระบบบำบัดน้ำทิ้งระบบ(20 ก.พ. 2538)..... 67
6.14 ผลการทดลองระบบบำบัดน้ำทิ้งระบบ(21 ก.พ. 2538)..... 67
ก1 ผลการทดลองการกรองด้วยวัสดุเม็ดที่ความสูงทราย 20 ซม.
และ แอนทราไซต์ 40 ซม. อัตราการไหล 20 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. 74
ก2 ผลการทดลองการกรองด้วยวัสดุเม็ดที่ความสูงทราย 20 ซม.
และ แอนทราไซต์ 40 ซม. อัตราการไหล 30 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. 76
ก3 ผลการทดลองการกรองด้วยวัสดุเม็ดที่ความสูงทราย 20 ซม.
และ แอนทราไซต์ 40 ซม. อัตราการไหล 40 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. 78
ก4 ผลการทดลองการกรองด้วยวัสดุเม็ดที่ความสูงทราย 25 ซม.
และ แอนทราไซต์ 50 ซม. อัตราการไหล 20 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. 80
ก5 ผลการทดลองการกรองด้วยวัสดุเม็ดที่ความสูงทราย 25 ซม.
และ แอนทราไซต์ 50 ซม. อัตราการไหล 30 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. 82
ก6 ผลการทดลองการกรองด้วยวัสดุเม็ดที่ความสูงทราย 25 ซม.
และ แอนทราไซต์ 50 ซม. อัตราการไหล 40 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. 84
ก7 ผลการทดลองการกรองด้วยวัสดุเม็ดที่ความสูงทราย 30 ซม.
และ แอนทราไซต์ 60 ซม. อัตราการไหล 20 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. 86
ก8 ผลการทดลองการกรองด้วยวัสดุเม็ดที่ความสูงทราย 30 ซม.
และ แอนทราไซต์ 60 ซม. อัตราการไหล 30 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. 88
ก9 ผลการทดลองการกรองด้วยวัสดุเม็ดที่ความสูงทราย 30 ซม.
และ แอนทราไซต์ 60 ซม. อัตราการไหล 40 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. 90
ก10 ผลการทดลองการกรองด้วยวัสดุเม็ดที่ความสูงทราย 20 ซม.
และ แอนทราไซต์ 40 ซม.อัตราการไหล 10 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. 92

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ก11 ผลการทดลองการแลกเปลี่ยนไอออนที่ความสูงเรซิน 70 ซม.
อัตราการไหล 10 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม..... 94
ก12 ผลการทดลองการแลกเปลี่ยนไอออนที่ความสูงเรซิน 70 ซม.
อัตราการไหล 20 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม..... 95
ก13 ผลการทดลองการแลกเปลี่ยนไอออนที่ความสูงเรซิน 70 ซม.
อัตราการไหล 30 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม..... 96
ก14 ผลการทดลองการแลกเปลี่ยนไอออนที่ความสูงเรซิน 80 ซม.
อัตราการไหล 10 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม..... 97
ก15 ผลการทดลองการแลกเปลี่ยนไอออนที่ความสูงเรซิน 80 ซม.
อัตราการไหล 20 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม..... 98
ก16 ผลการทดลองการแลกเปลี่ยนไอออนที่ความสูงเรซิน 80 ซม.
อัตราการไหล 30 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม..... 99
ก17 ผลการทดลองการแลกเปลี่ยนไอออนที่ความสูงเรซิน 90 ซม.
อัตราการไหล 10 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.....100
ก18 ผลการทดลองการแลกเปลี่ยนไอออนที่ความสูงเรซิน 90 ซม.
อัตราการไหล 20 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.....101
ก19 ผลการทดลองการแลกเปลี่ยนไอออนที่ความสูงเรซิน 90 ซม.
อัตราการไหล 10 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.....102
ก20 ผลการทดลองการแลกเปลี่ยนไอออนที่ความสูงเรซิน 90 ซม.
อัตราการไหล 3 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.....103

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

1.1 แผนผังระบบการผลิตน้ำบริโภคจากระบบบำบัดน้ำเสีย แบบสลัดจ์กัมมันต์..... 5

1.2 แผนผังระบบการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่จากระบบบำบัดน้ำเสีย ที่ El Paso Texas..... 6

2.1 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบสลัดจ์กัมมันต์..... 10

2.2 หอท่าน้ำเย็น..... 10

4.1 กลไกการกรองผ่านสารกรอง..... 20

4.2 การควบอณูระหว่างสไตรีน กับ DVB..... 27

4.3 โครงสร้างของเม็ดเรซิน..... 27

4.4 ปฏิบัติการการแลกเปลี่ยนไอออนในคอลัมน์..... 33

4.5 ระบบการกำจัดความเป็นด่างแล้วสะเทินด้วยด่าง..... 34

4.6 ระบบการกำจัดความเป็นด่างแล้วสะเทินด้วยระบบโซเดียม..... 34

4.7 ระบบการกำจัดความเป็นด่างแล้วสะเทินด้วยน้ำเข้า..... 35

4.8 ปฏิกริยาเบรคพ้อยต์..... 37

4.9 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อของกรดไฮโปคอรัส ไฮโปคลอไรต์ไอออน และ โมโนคลอราไมน์ ต่อการฆ่าเชื้อ E. coli ที่อุณหภูมิ 2-6 องศาเซลเซียส..... 39

5.1 ไดอะแกรมของถังกรองด้วยวัสดุเม็ด..... 44

5.2 ไดอะแกรมของถังแลกเปลี่ยนไอออน..... 46

5.3 ถังกรองด้วยวัสดุเม็ด..... 48

5.4 ถังแลกเปลี่ยนไอออน..... 48

5.5 ไดอะแกรมของหอไล่ก๊าซและถังคลอรีเนชัน..... 53

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

5.6 หอไล่ก๊าซและถังคลอรีเนชัน..... 53
5.7 ไดอะแกรมของระบบบำบัดน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสีย
เพื่อเติมหอทำน้ำเย็น..... 54
5.8 ระบบบำบัดน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อเติมหอทำน้ำเย็น..... 54
6.3 ผลการทดลองคลอรีเนชันครั้งที่1..... 63
6.4 ผลการทดลองคลอรีเนชันครั้งที่2..... 64
ก1 ผลการทดลองการกรองด้วยวัสดุเม็ดที่ความสูงทราย 20 ซม.
และ แอนทราไซต์ 40 ซม.อัตราการไหล 20 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.. 75
ก2 ผลการทดลองการกรองด้วยวัสดุเม็ดที่ความสูงทราย 20 ซม.
และ แอนทราไซต์ 40 ซม.อัตราการไหล 30 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.. 77
ก3 ผลการทดลองการกรองด้วยวัสดุเม็ดที่ความสูงทราย 20 ซม.
และ แอนทราไซต์ 40 ซม.อัตราการไหล 40 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.. 79
ก4 ผลการทดลองการกรองด้วยวัสดุเม็ดที่ความสูงทราย 25 ซม.
และ แอนทราไซต์ 50 ซม.อัตราการไหล 20 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.. 81
ก5 ผลการทดลองการกรองด้วยวัสดุเม็ดที่ความสูงทราย 25 ซม.
และ แอนทราไซต์ 50 ซม.อัตราการไหล 30 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.. 83
ก6 ผลการทดลองการกรองด้วยวัสดุเม็ดที่ความสูงทราย 25 ซม.
และ แอนทราไซต์ 50 ซม.อัตราการไหล 40 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.. 85
ก7 ผลการทดลองการกรองด้วยวัสดุเม็ดที่ความสูงทราย 30 ซม.
และ แอนทราไซต์ 60 ซม.อัตราการไหล 20 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.. 87

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

ก8 ผลการทดลองการกรองด้วยวัสดุเม็ดที่ความสูงทราย 30 ซม.
และ แอนทราไซต์ 60 ซม.อัตราการไหล 30 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.. 89
ก9 ผลการทดลองการกรองด้วยวัสดุเม็ดที่ความสูงทราย 30 ซม.
และ แอนทราไซต์ 60 ซม.อัตราการไหล 40 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.. 91
ก10 ผลการทดลองการกรองด้วยวัสดุเม็ดที่ความสูงทราย 20 ซม.
และ แอนทราไซต์ 40 ซม.อัตราการไหล 10 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. 93
ก11 ผลการทดลองการแลกเปลี่ยนไอออนที่ความสูงเรซิน 70 ซม.
อัตราการไหล 10 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม..... 94
ก12 ผลการทดลองการแลกเปลี่ยนไอออนที่ความสูงเรซิน 70 ซม.
อัตราการไหล 20 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม..... 95
ก13 ผลการทดลองการแลกเปลี่ยนไอออนที่ความสูงเรซิน 70 ซม.
อัตราการไหล 30 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม..... 96
ก14 ผลการทดลองการแลกเปลี่ยนไอออนที่ความสูงเรซิน 80 ซม.
อัตราการไหล 10 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม..... 97
ก15 ผลการทดลองการแลกเปลี่ยนไอออนที่ความสูงเรซิน 80 ซม.
อัตราการไหล 20 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม..... 98
ก16 ผลการทดลองการแลกเปลี่ยนไอออนที่ความสูงเรซิน 80 ซม.
อัตราการไหล 30 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม..... 99
ก17 ผลการทดลองการแลกเปลี่ยนไอออนที่ความสูงเรซิน 90 ซม.
อัตราการไหล 10 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.....100
ก18 ผลการทดลองการแลกเปลี่ยนไอออนที่ความสูงเรซิน 90 ซม.
อัตราการไหล 20 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.....101

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

ก19 ผลการทดลองการแลกเปลี่ยนไอออนที่ความสูงเรซิน 90 ซม.
อัตราการไหล 10 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.....102
ก20 ผลการทดลองการแลกเปลี่ยนไอออนที่ความสูงเรซิน 90 ซม.
อัตราการไหล 3 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.....103

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

คำย่อ	คำเต็ม
ซม.	เซนติเมตร
มม.	มิลลิเมตร
ตร.ม.	ตารางเมตร
มล.	มิลลิลิตร
ล.	ลิตร
ลบ.ม./ตร.ม.-ซม.	ลูกบาศก์เมตร/ตารางเมตร-ชั่วโมง
มก./ล.	มิลลิกรัม/ลิตร
ลบ.ม./วัน	ลูกบาศก์เมตร/วัน
โคโลนี/มล.	โคโลนี/มิลลิลิตร