การบำบัดน้ำชะมูลฝอยด้วยระบบเอสบีอาร์ที่มีการเติมถ่านกัมมันต์ชนิดผง

นายจตุพร วงษ์จาด

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2542

ISBN 974-334-676-7

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

20 ส.ค. 2545

I 19235094

LANDFILL LEACHATE TREATMENT BY BPAC-SBR SYSTEM

Mr. Jatupom Wongjard

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Environmental Engineering
Department of Environmental Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 1999

ISBN 974-334-676-7

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การบำบัดน้ำชะมูลฝอยด้วยระบบเอสบีอาร์ที่มีการเติมถ่านกัมมันต์ชนิดผง
โดย	นายจตุพร วงษ์จาด
ภาควิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ขวลิต รัตนธรรมสกุล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ สุรี ขาวเธียร)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ขวลิต รัตนธรรมสกุล)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ชีระ เกรอต)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จตุพร วงษ์จาด : การบำบัดน้ำชะมูลฝอยด้วยระบบเอสบีอาร์ที่มีการเติมถ่านกัมมันต์ชนิดผง (Landfill Leachate Treatment by BPAC-SBR System)
อ.ที่ปรึกษา : ผศ.ดร. ชวลิต รัตนธรรมสกุล, 218 หน้า. ISBN 974-334-676-7

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงการลดซีโอดี และสีในน้ำชะมูลฝอยด้วยระบบเอสบีอาร์ที่มีการเติมผงถ่านกัมมันต์ (BPAC-SBR) โดยทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี และสี เมื่อมีการแปรค่าความเข้มข้นผงถ่านกัมมันต์ ค่าอายุสลัดจ์ ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ และการประยุกต์หลักโคเมตาโบลิซึมมาใช้ร่วมกับระบบ BPAC-SBR

น้ำเสียที่นำมาใช้ดำเนินงานวิจัยนี้เป็นน้ำเสียจากกองฝังกลบมูลฝอยที่นำมาเจือจางให้มีความเข้มข้นซีโอดีเข้าระบบเท่ากับ 1,000 มก./ล. คิดเป็นภาระบรรทุกซีโอดี 0.571 กก./ลบ.ม.-วัน และความเข้มสีเท่ากับ 170.7 Su. พบว่าระบบที่มีความเข้มข้นผงถ่านกัมมันต์ชนิด PL-75 เท่ากับ 20,000 มก./ล. อายุสลัดจ์ 20 วัน สามารถกำจัดซีโอดี และสี ได้ 75.6 และ 75.4% ตามลำดับ โดยมีความเข้มข้นซีโอดี และความเข้มสีในน้ำออกเท่ากับ 246 มก./ล และ 42.1 Su. เมื่อทำการแปรค่าอายุสลัดจ์เป็น 30 วัน ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี และสีลดลงเหลือ 67.9 และ 59.1 % ตามลำดับ เนื่องจากค่าอายุสลัดจ์ที่สูงกว่าจะมีการเติมผงถ่านกัมมันต์กลับเข้าสู่ระบบที่ต่ำกว่า ที่ความเข้มข้นผงถ่านในระบบเท่ากัน สำหรับกลไกการทำงานของระบบส่วนใหญ่เกิดจากการดูดติดผิวร่วมกับปฏิกิริยาชีวเคมี การเพิ่มขึ้นของช่วงเวลาแอนแอโรบิก และลดระยะเวลาในช่วงแอโรบิกของระบบ BPAC-SBR ไม่ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี และสีเปลี่ยนแปลงไป

ในการเพิ่มภาระบรรทุกซีโอดีเป็น 1.143 และ 2.286 กก./ลบ.ม.-วัน ระบบมีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีเท่ากับ 62.6 และ 49.0 % และมีประสิทธิภาพการกำจัดสีเท่ากับ 51.2 และ 34.9 % ตามลำดับ การลดลงของประสิทธิภาพนี้สาเหตุหนึ่งเป็นผลมาจากปริมาณสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ที่อาจเป็นพิษเข้าสู่ระบบสูงขึ้น ทำให้มีผลในการยับยั้งกลไกการทำงานของแบคทีเรียในระบบ รวมทั้งไปลดประสิทธิภาพในการดูดติดสารอินทรีย์ของผงถ่านที่เป็นกลไกหลักของระบบอีกด้วย

ผลของประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี และสี เพิ่มสูงขึ้นเมื่อประยุกต์หลักการโคเมตาโบลิซึมมาใช้ร่วมกับระบบ BPAC-SBR โดยการเติมน้ำตาลทรายลงในน้ำชะมูลฝอย มีความเข้มข้นซีโอดีรวม 2,000 มก./ล. ที่อัตราส่วนซีโอดีจากน้ำตาลทรายต่อน้ำชะมูลฝอยเท่ากับ 1:1 และมีความเข้มสี 188.3 Su. ระบบสามารถกำจัดซีโอดี และสีได้เท่ากับ 89.1 และ 86.3 % ตามลำดับ ซึ่งซีโอดี และสีในน้ำออกมีค่าต่ำกว่าระบบ BPAC-SBR ปกติ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ปีการศึกษา 2542 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

##3970216421 : MAJOR ENVIRONMENTAL ENGINEERING

KEY WORD : LANDFILL LEACHATE / PAC / BPAC-SBR

JATUPORN WONGJARD : LANDFILL LEACHATE TREATMENT BY BPAC-SBR SYSTEM. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. DR. CHAWALIT RATTANATHUMSAKUL, 218 pp. ISBN 974-334-676-7

The objectives of this research were to investigate COD and color removal from landfill leachate by using BPAC-SBR system. The comparison of efficiencies in COD and color removal was done with varying powder activated carbon (PAC) concentration, sludge retention time (SRT), organic loading and application of co-metabolism to BPAC-SBR.

In the experiment with a diluted landfill leachate, having COD 1,000 mg./l. (COD loading 0.571 kg/m^3-d) and color 170.7 Su., the system with PAC (PL-75) concentration 20,000 mg/l, SRT 20 days had efficiencies in COD and color removal 75.6 and 75.4 %, respectively. Effluent COD and color were 246 mg/l and 42.1 Su.. Varying SRT to 30 days, efficiencies of COD and color removal decreased to 67.9 and 59.1%, respectively. The reason might be due to the longer SRT, the less amount of PAC addition to system. The main treatment mechanism was mainly due to the combination of adsorption by PAC and biochemical reaction. The variation of anaerobic-aerobic duration did not significant affect the COD and color reduction efficiencies.

Increasing COD loading to 1.143 and 2.286 kg/m^3-d, efficiencies of COD removal were 62.6 and 49.0% and efficiencies of color removal were 51.2 and 34.9%, respectively. The decreases in efficiencies may be caused by more amount of toxic organic and inorganic matters in the influent. This could be obstacle of bacteria mechanism and organic adsorption capacity by PAC.

COD and color removal efficiencies were higher when co-metabolism concept was applied to BPAC-SBR by adding sugar to the landfill leachate. This influent had total COD of 2,000 mg/l, at the COD from sucrose : landfill leachate COD ratio of 1:1, and 188.3 Su. of color. This BPAC-SBR system could remove COD and color at 89.1 and 86.3%, respectively, the effluent concentrations in terms of COD and color were lower than those obtained in the case of normal BPAC-SBR.

ภาควิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม	**ลายมือชื่อนิสิต**	
สาขาวิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม	**ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา**	
ปีการศึกษา	2542	**ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม**	

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. ชวลิต รัตนธรรมสกุล เป็นอย่างสูงในฐานะที่ท่านเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เป็นผู้ให้แนวคิดทางทฤษฎีและการปฏิบัติจริง แนะนำให้รู้จักการกำหนดกรอบความคิด การวางแผนการทำงาน แนวทางในการทำงาน ตลอดจนแนวทางการแก้ไขปัญหาตลอดระยะเวลาการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่กรุณาให้คำแนะนำต่างๆ และช่วยแก้ไขให้วิทยานิพนธ์มีความบกพร่องน้อยลง รวมทั้งคณาจารย์ทุกท่านในภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมที่ได้ถ่ายทอดความรู้ต่าง ๆ ให้แก่ผู้เขียน

ขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย และมูลนิธิชิน โสภณพนิช ที่ให้ทุนอุดหนุนส่วนหนึ่งเพื่อใช้ในงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณ คุณนภา วัฒนยง ผู้เป็นทั้งแรงกายและแรงใจ ให้ผู้เขียนสามารถทำงานวิจัยนี้สำเร็จขึ้นมาได้

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ และน้องนิสิตปริญญาโท รวมทั้งเจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมทุกท่าน ที่ได้ให้กำลังใจและให้ความช่วย

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณครอบครัว บิดา มารดา ของผู้เขียน รวมทั้งเหล่าเพื่อนสนิทที่เปรียบเสมือนครอบครัว ที่เป็นกำลังใจและให้ความช่วยเหลืออย่างดีตลอดมา และขอมอบคุณความดีอันเกิดจากงานวิจัยนี้แด่บิดา มารดา ที่สนับสนุนบุตรตลอดมา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ

กิตติกรรมประกาศ.....ฉ

สารบัญ.....ช

สารบัญตาราง.....ฌ

สารบัญรูป.....ฎ

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมา.....1

1.2 วัตถุประสงค์.....2

1.3 ขอบเขตงานวิจัย.....2

บทที่ 2 ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....4

2.1 น้ำชะมูลฝอยจากบ่อฝังกลบ.....4

2.2 ระบบ BPAC-SBR (Biological Powder Activated Carbon-Sequencing Batch Reactor).....8

2.3 กระบวนการโคเมตาบอลิซึม.....25

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....28

บทที่ 3 การวางแผนการวิจัย.....37

3.1 แผนการทดลอง.....37

3.2 ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง.....40

3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....41

3.4 ค่าตัวแปรที่ทำการวิเคราะห์.....41

3.5 ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง.....44

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4 ผลการทดลอง และการวิจารณ์ผล.....48

4.1 การศึกษาลักษณะของน้ำชะมูลฝอย.....48

4.2 การศึกษาเพื่อเลือกชนิด และความเข้มข้นของผงถ่านกัมมันต์ที่เหมาะสม.....49

4.3 ผลการทำงานของระบบ SBR ที่มีการเติมผงถ่านกัมมันต์ (BPAC-SBR) ภายใต้สภาวะต่างๆ 57

4.4 การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ในช่วงระยะเวลา 1 วงจร.....117

4.5 เชลล์แบคทีเรียในระบบ BPAC-SBR.....149

4.6 ค่าใช้จ่ายของผงถ่านกัมมันต์ที่ใช้ในระบบ BPAC-SBR.....150

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....153

รายการอ้างอิง.....155

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ผลการทดลองครั้งที่ 1.....160

ภาคผนวก ข ผลการทดลองครั้งที่ 2.....172

ภาคผนวก ค ผลการทดลองครั้งที่ 3.....179

ภาคผนวก ง ผลการทดลองครั้งที่ 4.....186

ภาคผนวก จ ผลการทดลองครั้งที่ 5.....193

ภาคผนวก ฉ คุณสมบัติเฉพาะของผงถ่าน 200

ภาคผนวก ช มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม.....202

ภาคผนวก ซ ผลการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาวงจร.....206

ประวัติผู้เขียน.....218

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2-1 คุณสมบัติของน้ำชะมูลฝอยของบ่อฝังกลบใหม่ และบ่อฝังกลบที่ใช้งานมานาน.....4

2-2 ลักษณะสมบัติของน้ำชะมูลฝอยบริเวณกองมูลฝอยอ่อนนุชและหนองแขม เดือนมีนาคม 2537.....5

2-3 ผลของการเติมผงถ่านกัมมันต์ลงในระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์.....23

2-4 ความสามารถในการกำจัดองค์ประกอบในน้ำเสีย.....29

2-5 ตัวแปรควบคุมในการเดินระบบ Chamber Works PACT.....33

2-6 ความสามารถในการกำจัดสารประกอบต่างๆ ด้วยระบบ Chamber Works PACT.....34

3-1 ตัวแปรควบคุม และตัวแปรอิสระในแต่ละชุดการทดลอง.....39

3-2 ระยะเวลาในการทำการทดลอง.....40

3-3 พารามิเตอร์ ความถี่ และตำแหน่งในการเก็บน้ำตัวอย่างวิเคราะห์.....44

3-4 ปริมาณผงถ่านกัมมันต์ที่เติมในแต่ละชุดการทดลอง.....47

4-1 คุณสมบัติของน้ำชะมูลฝอยที่ใช้ในการทดลอง.....48

4-2 ค่าความเข้มข้นที่เหลือจากการดูดติด ของการทำ Isotherm test.....50

4-3 ค่า q (ความเข้มข้นที่ถูกดูดติด/ความเข้มข้นผงถ่าน).....50

4-4 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี และสี จาก Isotherm test ของผงถ่านทั้ง 3 ชนิด.....54

4-5 ค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ต่างๆ ในช่วง steady state ที่ความเข้มข้นผงถ่านต่างกัน.....63

4-6 ประสิทธิภาพการกำจัดพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ความเข้มข้นผงถ่านต่างกัน.....64

4-7 ค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ต่างๆ ในช่วง steady state ของการศึกษาการเปลี่ยนแปลงอายุสลัดจ์.....75

4-8 ประสิทธิภาพการกำจัดพารามิเตอร์ต่างๆ ในช่วง steady state ของการศึกษาการเปลี่ยนแปลงอายุสลัดจ์.....75

4-9 ค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ต่างๆ ในช่วง steady state ที่ช่วงเวลาแอนแอโรบิก-แอโรบิกต่างกัน.....82

4-10 ประสิทธิภาพการกำจัดพารามิเตอร์ต่างๆ ในช่วง steady state ที่ช่วงเวลาแอนแอโรบิก-แอโรบิกต่างกัน.....83

4-11 ค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ต่างๆ ในช่วง steady state ที่ภาระบรรทุกอินทรีย์ต่างกัน.....96

4-12 ประสิทธิภาพการกำจัดพารามิเตอร์ต่างๆ ในช่วง steady state ที่ภาระบรรทุกอินทรีย์ต่างกัน.....97
4-13 ค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ต่างๆ ในช่วง steady state เมื่อนำกระบวนการโคเมตาบอลิซึมมาใช้ร่วมกับระบบ BPAC-SBR.....114
4-14 ประสิทธิภาพการบำบัดพารามิเตอร์ต่างๆ ในช่วง steady state เมื่อนำกระบวนการโคเมตาบอลิซึมมาใช้ร่วมกับระบบ BPAC-SBR.....115
4-15 ความเข้มข้นผงถ่านและความเข้มข้นเซลล์แบคทีเรียในระบบ.....150

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2-1	ความสัมพันธ์ของอัตราส่วน BOD/COD, VS/FS, COD/TOC และ pH กับระยะเวลา	6
2-2	แผนผังการทำงานของระบบเอสบีอาร์	10
2-3	รูปตัดแสดงถึงโพรงหรือช่องว่างภายในแอคติเวเต็ดคาร์บอน	14
2-4	กราฟสำหรับสมการเส้นตรงของสมการ Freundlich	19
2-5	กราฟสำหรับสมการเส้นตรงของสมการ Langmuir	20
2-6	แผนผังโดยทั่วไปของระบบ PACT	21
2-7	โคเมตาบอลิซึมของ o-xylene	27
3-1	ขนาดของถังปฏิกิริยาที่ใช้ในการทดลอง	42
3-2	แผนภูมิการทำงานของระบบ BPAC-SBR	43
4-1	ความเข้มข้นซีโอดีที่ถูกดูดติด/ความเข้มข้นผงถ่าน จาก Isotherm test	52
4-2	ความเข้มข้นสีที่ถูกดูดติด/ความเข้มข้นผงถ่าน จาก Isotherm test	53
4-3	ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีในน้ำชะมูลฝอยของผงถ่านทั้งสามชนิด	54
4-4	ประสิทธิภาพการกำจัดสีในน้ำชะมูลฝอยของผงถ่านทั้งสามชนิด	55
4-5	ผลการทำงานของระบบตลอดช่วงระยะเวลาทำการทดลอง ที่ความเข้มข้นผงถ่านต่างกัน	58
4-6	ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีกับความเข้มข้นผงถ่าน ในระบบ BPAC-SBR	65
4-7	ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดสีกับความเข้มข้นผงถ่าน ในระบบ BPAC-SBR	66
4-8	ความสัมพันธ์ประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นกับความเข้มข้นผงถ่าน ในระบบ	68
4-9	ผลการทำงานของระบบตลอดช่วงระยะเวลาทำการทดลอง ที่อายุสลัดจ์ต่างกัน	70
4-10	ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี สี และทีเคเอ็นของชุดการทดลอง ที่มีอายุสลัดจ์ต่างกัน	76
4-11	ผลการทำงานของระบบตลอดช่วงระยะเวลาทำการทดลอง ที่ช่วงเวลาแอนแอโรบิก-แอโรบิกต่างกัน	78

4-12 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี สี และทีเคเอ็นของชุดการทดลองที่มีระยะเวลาแอนแอโรบิก-แอโรบิกต่างกัน....83
4-13 ผลการทำงานของระบบตลอดช่วงระยะเวลาทำการทดลองที่มีภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่างกัน....86
4-14 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของระบบ BPAC-SBR กับภาระบรรทุกสารอินทรีย์....98
4-15 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดสีของระบบ BPAC-SBR กับภาระบรรทุกสารอินทรีย์....99
4-16 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นของระบบ BPAC-SBR กับภาระบรรทุกสารอินทรีย์....100
4-17 ผลการทำงานของระบบตลอดช่วงระยะเวลาทำการทดลองเมื่อนำกระบวนการโคเมตาบอลิซึมมาใช้ร่วมกับระบบ BPAC-SBR....102
4-18 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี สี และทีเคเอ็นของชุดการทดลองที่มีกระบวนการบำบัดต่างกัน....115
4-19 การเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ต่างๆ ตลอดระยะเวลา 1 วงจรของการทดลองครั้งที่ 1....118
4-20 การเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ต่างๆ ตลอดระยะเวลา 1 วงจรของการทดลองครั้งที่ 2....125
4-21 การเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ต่างๆ ตลอดระยะเวลา 1 วงจรของการทดลองครั้งที่ 3....131
4-22 การเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ต่างๆ ตลอดระยะเวลา 1 วงจรของการทดลองครั้งที่ 4....136
4-23 การเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ต่างๆ ตลอดระยะเวลา 1 วงจรของการทดลองครั้งที่ 5....143