

ผลของไอออนประจุลบต่อการดูดติดผิวของโครเมตบนดิน



นายธนา เอกกุล

ศูนย์วิทยทรัพยากร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม


คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2547

ISBN 974-17-7179-7

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF ANIONS ON CHROMATE ADSORPTION ON SOIL



Mr. Tana Ekkul

ศูนย์วิทยทรัพยากร
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 2004

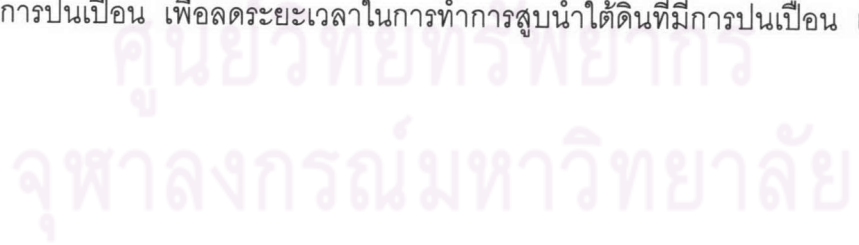
ISBN 974-17-7179-7

ธนา เอกกุล : ผลของไอออนประจุลบต่อการดูดติดผิวของโครเมตบนดิน. (EFFECTS OF ANIONS ON CHROMATE ADSORPTION ON SOIL) อ. ที่ปรึกษา : อ.ดร.เขมรัฐ โสธากพันธ์, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ผศ.ดร.สุธา ขาวเขียว, 121 หน้า. ISBN 974-17-71797

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของไอออนประจุลบที่มีต่อการดูดติดผิวของโครเมตในชั้นน้ำใต้ดิน โดยใช้ตัวอย่างดินเป็นตัวแทนของดินในบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง ซึ่งการทดลองแบบแบดท์ศึกษาการดูดติดผิวของสารละลายโครเมตที่พีเอชเริ่มต้น 4, 7 และ 10 เปรียบเทียบกับในสถานะที่มีไอออนประจุลบรบกวน โดยไอออนประจุลบที่ใช้คือ ฟอสเฟต ซัลเฟต ไนเตรต และคลอไรด์ไอออน

ผลการทดลองแบบแบดท์ พบว่า เมื่อพีเอชลดลงความสามารถในการดูดติดผิวของโครเมตบนดินตัวอย่างจะมีค่าสูงขึ้น และการเพิ่มขึ้นของปริมาณดินตัวอย่างในศึกษาการดูดติดผิว จะทำให้ความสามารถในการดูดติดผิวของโครเมตต่อน้ำหนักดินตัวอย่างลดลง และเมื่อมีฟอสเฟต หรือซัลเฟต อยู่ในน้ำเสียสังเคราะห์ ความสามารถในการดูดติดผิวของโครเมตบนดินจะลดลงมากกว่ากรณีที่มีไนเตรต หรือคลอไรด์ โดยเมื่อมีสัดส่วนของปริมาณไอออนประจุลบที่ใช้รบกวนการดูดติดผิวสูงขึ้นจะทำให้ความสามารถในการดูดติดผิวของโครเมตบนดินตัวอย่างลดลง

สำหรับการทดลองแบบคอลัมน์พบว่า เมื่อมีฟอสเฟตในน้ำเสียสังเคราะห์ในอัตราส่วนเชิงโมลโครเมตต่อฟอสเฟตเท่ากับ 1:1 จะทำให้เวลาในการสูบสารละลายผ่านคอลัมน์ดิน จนกระทั่งค่าความเข้มข้นของโครเมตขาออกเท่ากับขาเข้าเร็วขึ้น ในทุก ๆ พีเอชที่ทำการทดลอง ในทางวิศวกรรมจึงมีความเป็นไปได้ที่จะสามารถนำไอออนประจุลบที่พบโดยทั่วไป เช่น ฟอสเฟต หรือ ซัลเฟต มาช่วยลดการดูดติดผิวของโครเมตที่ปนเปื้อนในชั้นน้ำใต้ดิน หรือนำมาช่วยเร่งการคายตัวของโครเมตออกจากดินที่มีการปนเปื้อน เพื่อลดระยะเวลาในการทำการสูบน้ำใต้ดินที่มีการปนเปื้อน เพื่อนำไปบำบัดต่อไป



ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา 2547

ลายมือชื่อนิสิต.....ธนา... 10/10/07
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ที่ปรึกษา อ.ดร. เขมรัฐ โอสถาพันธุ์ และ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ผศ.ดร.สุธา ขาวเขียว ที่กรุณาให้ความรู้ คำปรึกษา คำอธิบาย และช่วยแก้ไขปัญหาให้กับผู้เขียนมาโดยตลอด ขอขอบพระคุณอาจารย์กรรมการสอบทุกท่านที่ กรุณาให้ความรู้ คำชี้แนะ และแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ของงานวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณอาป้า อาอีฮวง อาอี้อี และเจ้เปิ้ล ที่ให้ความรัก ความห่วงใย การสนับสนุน และเป็นกำลังใจที่มั่นคงที่สุดเสมอมา

ขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย ที่มอบทุนอุดหนุนการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม และงานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการศูนย์วิจัย แห่งชาติด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและของเสียอันตราย ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการของเสีย อันตรายภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการที่ทุก ท่าน พี่เหม่ม ปู ปอม และครูปอง ที่ให้ความเอื้อเฟื้อและให้ความรู้จนสามารถทำการทดลอง สำเร็จลุล่วงด้วยดี ขอขอบคุณพี่ ๆ ห้องธุรการภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมทุกท่าน ที่ให้ความ ช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกให้เสมอมา

และขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่านของผู้เขียน ที่อบรมสั่งสอนและความรู้ ขอขอบคุณ ฝ่าย เจ พี่เหนียว ที่ให้กำลังใจและเป็นเพื่อนที่ดีเสมอมา ขอขอบคุณ พี่จูน ก้อง น้องบัว เพื่อน ๆ ร่วมรุ่นปริญญาตรี และปริญญาโท และพี่ ๆ น้อง ๆ ทุกคนที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่คอยให้ความช่วยเหลือและ เอาใจช่วยให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จ ลุล่วงด้วยดี

ศูนย์วิทยาศาสตร์พยากรณ์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฐ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ชื่อวิทยานิพนธ์.....	1
1.2 คำสำคัญ.....	1
1.3 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
บทที่ 2 วัตถุประสงค์และขอบเขตของการศึกษาวิจัย	
2.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
2.2 ขอบเขตของการวิจัย.....	3
2.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
บทที่ 3 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
3.1 โครเมียม(Chromium).....	5
3.1.1 เฮกซะวาเลนต์โครเมียม (Hexavalent Chromium).....	6
3.1.2 ความเป็นพิษของโครเมียม.....	7
3.1.3 มาตรฐานการปนเปื้อน.....	8
3.2 คุณสมบัติของตัวอย่างดินจากนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จ.ระยอง.....	9
3.3 ไอออนประจุลบที่พบทั่วไปในน้ำ.....	9
3.4 กระบวนการเคลื่อนที่ของสารปนเปื้อนในชั้นน้ำใต้ดิน.....	10
3.4.1 กระบวนการพา.....	13
3.4.2 กระบวนการแพร่และการกระจายตัว.....	13
3.4.3 การดูดติดผิว.....	14
3.4.3.1 กลไกการดูดติดผิว(Adsorption Mechanism).....	14
3.4.3.2 การเคลื่อนที่ของการดูดติดผิว(Adsorption Kinetic).....	16
3.4.3.3 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการดูดติดผิว.....	16

3.4.3.4 สมดุลการดูดติดผิว(Adsorption Equilibrium).....	17
3.4.3.5 การดูดติดผิวแบบไม่สมดุล.....	20
3.4.4 แบบจำลองการเคลื่อนที่ของสารปนเปื้อนแบบ 1 มิติ.....	21
3.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	23
บทที่ 4 ขั้นตอน และวิธีดำเนินงานวิจัย	
4.1 วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี.....	25
4.1.1 เครื่องมือและอุปกรณ์.....	25
4.1.2 สารเคมีที่ใช้.....	25
4.2 ตัวแปรในการทำการวิจัย.....	26
4.3 วิธีการทดลอง.....	32
4.3.1 วิธีการทดลองเพื่อหาเวลาสัมพัทธ์ที่เหมาะสมในการดูดติดผิว ของโครเมตบนดิน.....	32
4.3.1.1 การเตรียมสารละลายมาตรฐานโซเดียมโครเมต.....	32
4.3.1.2 การเตรียมสารละลายเพื่อใช้ในการทดลอง.....	32
4.3.2 การทดลองแบบแบตซ์หาไอโซเทอมการดูดติดผิว.....	32
4.3.3 การทดลองหาผลของไอออนลบที่มีต่อการดูดติดผิวของโครเมต.....	33
4.3.4 การทดลองหาผลของไอออนลบที่มีต่อการดูดติดผิวของโครเมตเมื่อ มีสัดส่วนไอออนประจุลบต่อโครเมตต่างๆ.....	33
4.3.5 การทำการทดลองแบบคอลัมน์.....	34
4.3.6 การทดลองแบบคอลัมน์เพื่อศึกษาการเคลื่อนที่ของโครเมต เมื่อมีไอออนประจุลบ.....	35
4.4 วิธีการตรวจวัดพารามิเตอร์.....	36
บทที่ 5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	
5.1 ผลการศึกษาเวลาสัมพัทธ์ที่เหมาะสมในการดูดติดผิวของโครเมตด้วย ตัวอย่างดิน.....	37
5.2 การศึกษาถึงความสามารถการดูดติดผิวของโครเมตด้วยตัวอย่างดินที่ พีเอชต่าง ๆ.....	38
5.3 การศึกษาถึงสมการไอโซเทอมการดูดติดผิว (Adsorption Isotherm) ของการดูดติดผิวของโครเมตด้วยตัวอย่างดิน โดยการทดลองแบบแบตซ์.....	39

5.4 การหาค่าพารามิเตอร์การดูดติดผิว (Adsorption Parameter).....	43
5.5 การศึกษาผลของไอออนประจุลบที่มีต่อการดูดติดผิวของโครเมตด้วย ตัวอย่างดิน.....	45
5.6 การศึกษาผลของไอออนลบที่มีต่อการดูดติดผิวของโครเมตด้วยตัวอย่างดิน เมื่อมีปริมาณไอออนรบกวนประจุลบแตกต่างกัน.....	48
5.7 การทดลองแบบคอลัมน์	51
5.8 การทดลองแบบคอลัมน์เพื่อศึกษาการเคลื่อนที่ของโครเมตเมื่อมีไอออนลบ.....	55
5.9 เปรียบเทียบระหว่างผลการทดลองแบบแบตช์แบบคอลัมน์แบบคอลัมน์.....	58
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	
6.1 สรุปผลการวิจัย.....	61
6.2 ความสำคัญทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ และการนำไปใช้ประโยชน์.....	62
6.3 ข้อเสนอแนะ.....	63
รายการอ้างอิง.....	64
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก. ผลการศึกษาเวลาสัมพัทธ์ที่เหมาะสมในการดูดติดผิว ของโครเมตด้วยตัวอย่างดิน.....	68
ภาคผนวก ข. ผลการศึกษาถึงสมการไอโซเทอมการดูดติดผิว (Adsorption Isotherm) ของการดูดติดผิวของโครเมต ด้วยตัวอย่างดินโดยการทดลองแบบแบตช์.....	70
ภาคผนวก ค. ผลการศึกษาผลของไอออนประจุลบที่มีต่อการดูดติดผิวของ โครเมตด้วยตัวอย่างดิน.....	74
ภาคผนวก ง. ผลการทดลองแบบคอลัมน์.....	95
ประวัติผู้ทำวิทยานิพนธ์.....	121

สารบัญตาราง

ญ

ตารางที่	หน้า
3.1	ค่าคุณสมบัติของโครเมียม5
3.2	การใช้สารประกอบโครเมียมในอุตสาหกรรม6
3.3	มาตรฐานการปนเปื้อนในน้ำของโครเมียม.....8
3.4	คุณสมบัติของดินตัวอย่างที่ทำการศึกษา.....9
4.1	ตัวแปรในการทำการทดลองเพื่อหาเวลาสัมพัทธ์ที่เหมาะสมในการดูดติดผิว ของโครเมตบนดินตัวอย่าง.....26
4.2	ตัวแปรในการทำการทดลองแบบแบดซ์เพื่อหาไอโซเทอมการดูดติดผิวของ โครเมตบนดินตัวอย่าง.....27
4.3	ตัวแปรที่ใช้ในการทำการทดลองหาผลของไอออนประจุลบที่มีต่อการ ดูดติดผิวของโครเมตบนดินตัวอย่าง.....28
4.4	ตัวแปรที่ใช้ในการทำการทดลองหาผลของไอออนประจุลบที่มีต่อการดูดติดผิว ของโครเมตบนดินตัวอย่างเมื่อมีสัดส่วนไอออนประจุลบต่อโครเมตต่างๆ.....29
4.5	ตัวแปรในการทำการทำการทดลองแบบคอลัมน์.....30
4.6	ตัวแปรในการทำการทดลองแบบคอลัมน์เพื่อศึกษาการเคลื่อนที่ของโครเมต เมื่อมีไอออนประจุลบอื่นรบกวน.....31
4.7	วิธีการตรวจวัดตัวแปรตาม.....36
5.1	R-Square ของกราฟไอโซเทอมของการดูดติดผิวของโครเมตบนดิน ตัวอย่าง ที่ pH ต่างๆ.....43
5.2	ค่าพารามิเตอร์ของการดูดติดผิวที่หาได้จากสมการไอโซเทอมการดูดติดผิว แบบ Linear ของดินที่แต่ละสภาวะพีเอช.....44
5.3	ค่าพารามิเตอร์ของการดูดติดผิวที่หาได้จากสมการไอโซเทอมการดูดติดผิว แบบ Langmuir ของดินที่แต่ละสภาวะพีเอช.....44
5.4	ค่าพารามิเตอร์ของการดูดติดผิว ที่หาได้จากสมการไอโซเทอมของการ ดูดติดผิวแบบ Freundlich ของดินที่แต่ละสภาวะพีเอช.....45
5.5	ความสามารถในการดูดติดผิวสูงสุดที่ได้จากไอโซเทอมการดูดติดผิวแบบแลงมัวร์ ในการทดลองแบบแบดซ์เทียบกับผลจากการทดลองแบบคอลัมน์.....59
ก.1	ผลการศึกษาเวลาสัมพัทธ์ที่เหมาะสมในการดูดติดผิวของโครเมตบนดินตัวอย่าง พีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 4 ความเร็วรอบในการเขย่าที่ 200 รอบต่อนาที.....69

ตารางที่	หน้า
เวลาสัมผัสนี้ 144 ชั่วโมง เมื่ออัตราส่วนโครเมตต่อคลอไรด์เท่ากับ 1:1.....	86
ค. 13 ผลการศึกษาการดูดติดผิวของโครเมตบนดินตัวอย่าง ที่พีเอช 7 เวลาสัมผัสนี้ 144 ชั่วโมง เมื่ออัตราส่วนโครเมตต่อฟอสเฟตเท่ากับ 1:10.....	87
ค. 14 ผลการศึกษาการดูดติดผิวของโครเมตบนดินตัวอย่าง ที่พีเอช 7 เวลาสัมผัสนี้ 144 ชั่วโมง เมื่ออัตราส่วนโครเมตต่อซัลเฟตเท่ากับ 1:10.....	88
ค. 15 ผลการศึกษาการดูดติดผิวของโครเมตบนดินตัวอย่าง ที่พีเอช 7 เวลาสัมผัสนี้ 144 ชั่วโมง เมื่ออัตราส่วนโครเมตต่อไนเตรตเท่ากับ 1:10.....	89
ค. 16 ผลการศึกษาการดูดติดผิวของโครเมตบนดินตัวอย่าง ที่พีเอช 7 เวลาสัมผัสนี้ 144 ชั่วโมง เมื่ออัตราส่วนโครเมตต่อคลอไรด์เท่ากับ 1:10.....	90
ค. 17 ผลการศึกษาการดูดติดผิวของโครเมตบนดินตัวอย่าง ที่พีเอช 10 เวลาสัมผัสนี้ 144 ชั่วโมง เมื่ออัตราส่วนโครเมตต่อฟอสเฟตเท่ากับ 1:1.....	91
ค. 18 ผลการศึกษาการดูดติดผิวของโครเมตบนดินตัวอย่าง ที่พีเอช 10 เวลาสัมผัสนี้ 144 ชั่วโมง เมื่ออัตราส่วนโครเมตต่อซัลเฟตเท่ากับ 1:1.....	92
ค. 19 ผลการศึกษาการดูดติดผิวของโครเมตบนดินตัวอย่าง ที่พีเอช 10 เวลาสัมผัสนี้ 144 ชั่วโมง เมื่ออัตราส่วนโครเมตต่อไนเตรตเท่ากับ 1:1.....	93
ค. 20 ผลการศึกษาการดูดติดผิวของโครเมตบนดินตัวอย่าง ที่พีเอช 10 เวลาสัมผัสนี้ 144 ชั่วโมง เมื่ออัตราส่วนโครเมตต่อคลอไรด์เท่ากับ 1:1.....	94
ง.1 ผลการทดลองแบบคอลัมน์ ที่พีเอช 4.....	96
ง.2 ผลการทดลองแบบคอลัมน์ ที่พีเอช 7.....	101
ง.3 ผลการทดลองแบบคอลัมน์ ที่พีเอช 10.....	105
ง.4 ผลการทดลองแบบคอลัมน์ เมื่อมีฟอสเฟตต่อโครเมต 1:1 ที่พีเอช 4.....	109
ง.5 ผลการทดลองแบบคอลัมน์ เมื่อมีฟอสเฟตต่อโครเมต 1:1 ที่พีเอช 7.....	115
ง.6 ผลการทดลองแบบคอลัมน์ เมื่อมีฟอสเฟตต่อโครเมต 1:1 ที่พีเอช 10.....	118

รูปประกอบ	หน้า
3.1	ปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดการกระจายตามแนวทิศทางการไหล11
3.2	Plume ของสารปนเปื้อน.....11
3.3	ผลของการกระจายและการหน่วงต่อการเคลื่อนที่แบบ1มิติ ของสารปนเปื้อน.....12
3.4	ผลของการกระจาย การพา และการหน่วงต่อการเคลื่อนที่ของสารปนเปื้อน ในน้ำใต้ดิน.....12
3.5	กราฟไอโซเทอมการดูดติดผิวแบบ Linear18
3.6	กราฟไอโซเทอมการดูดติดผิวแบบ Langmuir19
3.7	กราฟไอโซเทอมการดูดติดผิวแบบ Freundlich20
4.1	การทำการทดลอง Column Test.....35
4.2	การทำการทดลอง Column Test เมื่อสารละลายโครเมตมีฟอสเฟตไอออน เป็นสัดส่วนเชิงโมลาร์ เท่ากับ 1:1.....36
5.1	ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการดูดติดผิวของโครเมตด้วยดินตัวอย่าง ในการศึกษาเวลาสัมผัสที่เหมาะสม.....37
5.2	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นที่สภาวะสมดุลและความสามารถในการ ดูดติดผิวของโครเมตที่สภาวะพีเอชต่างๆ.....38
5.3	ไอโซเทอมการดูดติดผิวของโครเมตด้วยดินตัวอย่างแบบ Linear ก.) ที่พีเอช 4 ข.) ที่พีเอช 7 ค.) ที่พีเอช 10.....40
5.4	ไอโซเทอมการดูดติดผิวของโครเมตด้วยดินตัวอย่างแบบ Langmuir ก.) ที่พีเอช 4 ข.) ที่พีเอช 7 ค.) ที่พีเอช 10.....41
5.5	ไอโซเทอมการดูดติดผิวของโครเมตด้วยดินตัวอย่างแบบ Freundlich ก.) ที่พีเอช 4 ข.) ที่พีเอช 7 ค.) ที่พีเอช 10.....42
5.6	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นที่สภาวะสมดุล และความสามารถในการ ดูดติดผิวของดินที่พีเอช 4 เมื่อมี ไอออนประจุลบต่อโครเมตเท่ากับ 1:1 ในเชิง โมลาร์ โดยไอออนประจุลบที่ใช้รับกวนคือ ฟอสเฟต ซัลเฟต ไนเตรต และ คลอไรด์.....46
5.7	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นที่สภาวะสมดุล และความสามารถในการ ดูดติดผิวของดินที่พีเอช 7 เมื่อมี ไอออนประจุลบต่อโครเมตเท่ากับ 1:1ในเชิงโมลาร์ โดยไอออนประจุลบที่ใช้รับกวนคือ ฟอสเฟต ซัลเฟต ไนเตรต และ คลอไรด์.....46

รูปที่	หน้า
5.8 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นที่สภาวะสมดุล และความสามารถในการดูดติดผิวของดินที่พีเอช 10 เมื่อมี ไอออนประจุลบต่อโครเมตเท่ากับ 1:1 ในเชิงโมลาร์ โดยไอออนประจุลบที่ใช้รบกวนคือ ฟอสเฟต ซัลเฟต ไนเตรต และคลอไรด์.....	47
5.9 ความสามารถในการดูดติดผิวของโครเมต เมื่อมีไอออนรบกวนประจุลบ คือ ฟอสเฟต ที่สัดส่วนเชิงโมลาร์เท่ากับ 0.1:1, 1:1 และ 10:1.....	49
5.10 ความสามารถในการดูดติดผิวของโครเมต เมื่อมีไอออนรบกวนประจุลบ คือ ซัลเฟต ที่สัดส่วนเชิงโมลาร์เท่ากับ 0.1:1, 1:1 และ 10:1.....	49
5.11 ความสามารถในการดูดติดผิวของโครเมต เมื่อมีไอออนรบกวนประจุลบ คือ ไนเตรต ที่สัดส่วนเชิงโมลาร์เท่ากับ 0.1:1, 1:1 และ 10:1.....	50
5.12 ความสามารถในการดูดติดผิวของโครเมต เมื่อมีไอออนรบกวนประจุลบ คือ ฟอสเฟต ที่สัดส่วนเชิงโมลาร์เท่ากับ 0.1:1, 1:1 และ 10:1.....	50
5.13 ความสัมพันธ์ระหว่าง Pore Volume ในคอลัมน์ดินกับอัตราความเข้มข้นของโครเมต ออกต่อความเข้มข้นเข้าที่ความเข้มข้นสารละลายโครเมตเริ่มต้น 5.2 มิลลิกรัมโครเมียม ต่อลิตร ที่พีเอชเริ่มต้นเท่ากับ4.....	52
5.14 ความสัมพันธ์ระหว่าง Pore Volume ในคอลัมน์ดินกับอัตราความเข้มข้นของโครเมต ออกต่อความเข้มข้นเข้าที่ความเข้มข้นสารละลายโครเมตเริ่มต้น 5.2 มิลลิกรัมโครเมียม ต่อลิตร ที่พีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 7.....	53
5.15 ความสัมพันธ์ระหว่าง Pore Volume ในคอลัมน์ดินกับอัตราความเข้มข้นของโครเมต ออกต่อความเข้มข้นเข้าที่ความเข้มข้นสารละลายโครเมตเริ่มต้น 5.2 มิลลิกรัมโครเมียม ต่อลิตร ที่พีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 10.....	54
5.16 ความสัมพันธ์ระหว่าง Pore Volume ในคอลัมน์ดินกับอัตราความเข้มข้นของโครเมต ออกต่อความเข้มข้นเข้าที่ความเข้มข้นสารละลายโครเมตเริ่มต้น 5.2 มิลลิกรัมโครเมียม ต่อลิตร ที่พีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 4 7 และ 10.....	54
5.17 ความสัมพันธ์ระหว่าง Pore Volume ในคอลัมน์ดินกับอัตราความเข้มข้นของโครเมต ออกต่อความเข้มข้นเข้าที่อัตราส่วนโครเมตต่อฟอสเฟตเท่ากับ 1:1 ที่พีเอชเริ่มต้น เท่ากับ 4.....	56

รูปที่	หน้า
5.18 ความสัมพันธ์ระหว่าง Pore Volume ในคอลัมน์ดินกับอัตราความเข้มข้นของโครเมต ออกต่อความเข้มข้นเข้าที่อัตราส่วนโครเมตต่อฟอสเฟตเท่ากับ 1:1 ที่พีเอชเริ่มต้น เท่ากับ 7.....	57
5.19 ความสัมพันธ์ระหว่าง Pore Volume ในคอลัมน์ดินกับอัตราความเข้มข้นของโครเมต ออกต่อความเข้มข้นเข้าที่อัตราส่วนโครเมตต่อฟอสเฟตเท่ากับ 1:1 ที่พีเอชเริ่มต้น เท่ากับ 10.....	58



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย