การกำจัดสารหนูในน้ำด้วยกระบวนการตกตะกอน

นางสาว สิริวรรณ จันทนจุลกะ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2533

ISBN 974-578-220-3

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

017865 เ๒๖๕๖๑๗๘

REMOVAL OF ARSENIC IN WATER BY COAGULATION PROCESS

Miss Siriwan Chantanachunlaka

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Inter Department of Environmental Science

Graduate School

Chulalongkorn University

1990

ISBN 974-578-220-3

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การกำจัดสารหนูในน้ำด้วยกระบวนการตกตะกอน
โดย	นางสาวสิริวรรณ จันทนจุลกะ
สหสาขาวิชา	วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. ธรรมนูญ โรจนะบุรานนท์
	อาจารย์นันทนา สันตติวุฒิ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(อาจารย์สุรภี โรจน์อารยานนท์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. ธรรมนูญ โรจนะบุรานนท์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(อาจารย์นันทนา สันตติวุฒิ)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ เพลินจิต ทมทิตชงค์)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์เปรมจิตต์ แทนสถิตย์)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

สิริวรรณ จันทนจุลกะ : การกำจัดสารหนูในน้ำด้วยกระบวนการตกตะกอน (REMOVAL OF ARSENIC IN WATER BY COAGULATION PROCESS) อ.ที่ปรึกษา รศ.ดร. ธรรมนูญ โรจนะบุรานนท์, อาจารย์นันทนา สันตติวุฒิ, 100 หน้า. ISBN 974-578-220-3

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการกำจัดสารหนูในน้ำด้วยการตกตะกอน ทดลองในห้องปฏิบัติการ ปัจจัยที่ศึกษา ได้แก่ พีเอช ชนิดและปริมาณของโคแอกกูแลนต์ ชนิดและปริมาณสารหนูที่ปนเปื้อนและประสิทธิภาพของคลอรีน โคแอกกูแลนต์ที่ศึกษา 3 ชนิด ได้แก่ สารส้ม เฟอร์ริคคลอไรด์ และเฟอร์ริคซัลเฟต ปริมาณโคแอกกูแลนต์ 20 - 40 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร พีเอชในช่วง 6.5 - 8.5 รูปของสารหนูที่กำจัดได้แก่ อาร์เซไนต์ และอาร์เซเนต และการเพิ่มประสิทธิภาพ การตกตะกอน ด้วยการออกซิไดส์ด้วยคลอรีน หลักการสำคัญที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ การตกตะกอน โดยใช้เครื่องจาร์เทสต์ และการตรวจวิเคราะห์สารหนูด้วยวิธี Silver diethydithiocarbamate โดยใช้เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ วัดที่ความยาวคลื่น 535 นาโนเมตร

ผลการศึกษาพบว่า เฟอร์ริคซัลเฟตมีประสิทธิภาพ ในการกำจัดอาร์เซไนต์ในน้ำสังเคราะห์ได้ดีที่สุด และกำจัดสารหนูในน้ำธรรมชาติได้จนมีปริมาณต่ำกว่า 0.05 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ตามเกณฑ์คุณภาพน้ำดื่มขององค์การอนามัยโลก สารส้มจะกำจัดอาร์เซเนตในน้ำสังเคราะห์ได้ดี ส่วนเฟอร์ริคคลอไรด์กำจัดอาร์เซไนต์ได้ดีกว่าอาร์เซเนต แต่ยังคงมีสารหนูคงเหลือมากกว่า 0.05 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร สำหรับการตกตะกอนด้วยสารส้ม และเฟอร์ริคคลอไรด์ในช่วงพีเอชที่ศึกษา สามารถกำจัดสารหนูได้ไม่แตกต่างกัน และการเติมคลอรีนก่อนตกตะกอนด้วยโคแอกกูแลนต์ทั้ง 3 ชนิด จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดสารหนูได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ $\alpha = 0.05$ ($p < 0.05$)

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา สหสาขา ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม

ปีการศึกษา 2533 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

SIRIWAN CHANTANACHUNLAKA : REMOVAL OF ARSENIC IN WATER BY COAGULATION PROCESS. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. DR. THAMNOON ROCHANABURANON, MISS NANTANA SANTATIWUT, 100 PP.ISBN 974-578-220-3

The objective of this study was subjected to some parameters affected arsenic removing in form of arsenite and arsenate by coagulation process. The studied parameters were pH, type and guantity of coagulants, forms of arsenic as well as efficiency of chlorine. The selected pH was limited at 6.5 to 8.5. The range of 20 to 40 mg/1. was applied to all three coagulants, alum, ferric chloride and ferric sulphate. The study was carried out by means of laboratory jar-test then followed by spectrophotometric method for analysis of arsenic by silver diethyldithiocarbamate measured at 535 nm.

It was found that ferric sulphate was the mast effective coagulant to remove arsenite in synthetic water at pH 6.5-8.0. And in natural water ferric sulphate could reduce arsenic to less than 0.05 mg/1. Alum could remove arsenate in synthetic water samples where as ferric chloride had a better efficiency of removing arsenite than arsenate but the residual was still higher than the WHO guide-line value (0.05 mg/1) The efficiency of arsenic removal by alum and ferric chloride at pH 6.5-8.5 had no significant difference (= 0.05). However, oxidation with chlorine followed by coagulation process yielded remarkable results for arsenic removal with statistical significance at α = 0.05.

ภาควิชา สหสาขา ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม

ปีการศึกษา 2533 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งของ รองศาสตราจารย์ ดร. ธรรมนูญ โรจนะบุรานนท์ และ คุณนันทนา สันตติวุฒิ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ท่านทั้งสองได้ให้ข้อคิดเห็น และคำแนะนำ ที่เป็นประโยชน์ตลอดระยะเวลาที่ดำเนินงานวิจัย ผู้เขียนขอขอบพระคุณ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งประกอบด้วย อาจารย์สุรภี โรจน์อารยานนท์ ประธานกรรมการสอบ และกรรมการสอบอีกสองท่านคือ รองศาสตราจารย์เพลินจิต ทมทิตชงค์ และรองศาสตราจารย์เปรมจิตต์ แทนสถิตย์ ที่ได้กรุณาตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการกองอนามัยสิ่งแวดล้อม และเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ได้ช่วยอนุเคราะห์ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นอย่างดี

ขอขอบคุณกองควบคุมคุณภาพน้ำ การประปาส่วนภูมิภาค ที่อนุเคราะห์ให้ยืมเครื่องจาร์เทสต์ ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ทุนอุดหนุนบางส่วนในการทำวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณเพื่อน ๆ และน้อง ๆ ทุกคนที่ช่วยเป็นกำลังใจตลอดมา

ท้ายที่สุด ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ญาติ พี่และน้องที่ช่วยสนับสนุน และให้กำลังใจมาตลอดการศึกษา

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ
กิตติกรรมประกาศ..... ฉ
สารบัญตาราง..... ช-ญ
สารบัญรูป..... ฐ-ฒ
บทที่
1. บทนำ..... 1-3
2. การสำรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 4-31
3. การวางแผนและวิธีการทดลอง..... 32-43
4. ผลการทดลอง..... 44-80
5. สรุปวิจารณ์ผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ..... 81-85

เอกสารอ้างอิง..... 86-88
ภาคผนวก..... 89-99
ประวัติผู้เขียน..... 100

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 สารประกอบ Methylarsenic ในสิ่งแวดล้อม..... 5
2.2 การตกตะกอนด้วยเฟอร์รัสซัลเฟต..... 17
2.3 การตกตะกอนด้วยเฟอร์ริคซัลเฟต..... 18
2.4 การตกตะกอนด้วยเฟอร์ริคคลอไรด์..... 19
2.5 การตกตะกอนด้วยสารส้ม..... 20
2.6 การตกตะกอนด้วยปูนขาว..... 21
2.7 การออกซิเดชั่นร่วมกับการตกตะกอน..... 22
2.8 การกรองด้วยชั้นกรองถ่านหรืออลูมิน่า..... 23
2.9 การดูดซับด้วยแอคติเวตเต็ดคาร์บอนหรืออลูมิน่า..... 24
2.10 การแลกเปลี่ยนประจุ..... 25
4.1 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าพีเอชและความเข้มข้น
ของสารส้มในการกำจัดสารหนูออกจากน้ำ..... 46
4.2 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าพีเอชและความเข้มข้น
ของเฟอร์ริคคลอไรด์ในการกำจัดสารหนูออกจากน้ำ..... 49
4.3 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าพีเอชและความเข้มข้น
ของเฟอร์ริคซัลเฟตในการกำจัดสารหนูออกจากน้ำ..... 52
4.4 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของการกำจัดสารหนูด้วย
โคแอกกูแลนต์ชนิดต่างๆ..... 54
4.5 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของรูปและความเข้มข้นสารหนู
ในการกำจัดสารหนูออกจากน้ำ เมื่อตกตะกอนด้วยสารส้ม..... 58
4.6 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของรูปและความเข้มข้นสารหนู
ในการกำจัดสารหนูออกจากน้ำ เมื่อตกตะกอนด้วย
เฟอร์ริคคลอไรด์..... 61

ตารางที่ หน้า

4.7 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของรูปและความเข้มข้นสารหนู
ในการกำจัดสารหนูออกจากน้ำ เมื่อตกตะกอนด้วย
เฟอร์ริคซัลเฟต..... 64
4.8 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของการกำจัดสารหนู
โดยการเติมและไม่เติมคลอรีนแล้วตกตะกอนด้วยสารส้ม..... 65
4.8.1 ตารางวิเคราะห์ความแตกต่างของความแปรปรวน..... 67
4.8.2 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน
แบบ Pooled Variance..... 67
4.9 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของการกำจัดสารหนู
โดยการเติมและไม่เติมคลอรีนแล้วตกตะกอนด้วย
เฟอร์ริคคลอไรด์..... 68
4.9.1 ตารางวิเคราะห์ความแตกต่างของความแปรปรวน..... 68
4.9.2 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน
แบบ Separated Variance..... 68
4.10 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของการกำจัดสารหนู
โดยการเติมและไม่เติมคลอรีนแล้วตกตะกอนด้วย
เฟอร์ริคซัลเฟต..... 69
4.10.1 ตารางวิเคราะห์ความแตกต่างของความแปรปรวน..... 69
4.10.2 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน
แบบ Separated Variance..... 70
4.11 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของการกำจัดสารหนู
โดยการเติมและไม่เติมคลอรีนแล้วตกตะกอนด้วยสารส้ม..... 73
4.12 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของการกำจัดสารหนู
โดยการเติมและไม่เติมคลอรีนแล้วตกตะกอนด้วย
เฟอร์ริคคลอไรด์..... 75

ตารางที่ หน้า

4.13 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของการกำจัดสารหนู
โดยการเติมและไม่เติมคลอรีนแล้วตกตะกอนด้วย
เฟอร์ริคซัลเฟต..... 78
4.14 ตารางแสดงรายละเอียดตัวอย่างน้ำและปริมาณสารหนูที่
ตรวจพบในตัวอย่างน้ำธรรมชาติ..... 79

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	การเปลี่ยนแปลงสารหนูในน้ำ.....	7
3.1	Arsine Generator และ Absorption Tube.....	35
4.1	ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชกับประสิทธิภาพการกำจัดสารหนูในน้ำ เมื่อตกตะกอนด้วยสารส้มความเข้มข้นต่างๆ.....	45
4.2	ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชกับประสิทธิภาพการกำจัดสารหนูในน้ำ เมื่อตกตะกอนด้วยเฟอร์ริคคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ.....	47
4.3	ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชกับประสิทธิภาพการกำจัดสารหนูในน้ำ เมื่อตกตะกอนด้วยเฟอร์ริคซัลเฟตความเข้มข้นต่างๆ.....	50
4.4	ความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของโคแอกกูแลนต์กับประสิทธิภาพ การกำจัดสารหนูในน้ำ.....	53
4.5	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารหนูในรูป As (III), As (V) กับประสิทธิภาพการกำจัดเมื่อตกตะกอนด้วยสารส้ม.....	56
4.6	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารหนูในรูป As (III), As (V) กับประสิทธิภาพการกำจัดเมื่อตกตะกอนด้วย เฟอร์ริคคลอไรด์.....	59
4.7	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารหนูในรูป As (III), As (V) กับประสิทธิภาพการกำจัดเมื่อตกตะกอนด้วย เฟอร์ริคซัลเฟต.....	63
4.8	ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดสารหนูโดยการตกตะกอน และการเติมคลอรีนร่วมกับการตกตะกอนของโคแอกกูแลนต์ชนิดต่างๆ.....	66
4.9	ความสัมพันธ์ระหว่างรูปของสารหนูกับประสิทธิภาพการกำจัด โดยการเติมและไม่เติมคลอรีน แล้วตกตะกอนด้วยสารส้ม.....	71

รูปที่ หน้า

4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างรูปของสารหนูกับประสิทธิภาพการกำจัด
โดยการเติมและไม่เติมคลอรีน แล้วตกตะกอนด้วยเฟอร์ริคคลอไรด์..... 74
4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างรูปของสารหนูกับประสิทธิภาพการกำจัด
โดยการเติมและไม่เติมคลอรีน แล้วตกตะกอนด้วยเฟอร์ริคซัลเฟต..... 77