

การกำจัดแอมโมเนียและฟอสเฟตในน้ำทิ้งชุมชนโดยการแลกเปลี่ยนไอออน

Ammonia and Phosphate Removal from Domestic Wastewater

by Ion Exchange

กฤชณ์ เที่ยรัพประสีทธิ์ และ บุษยมาส มุ่งรัตนญา

ภาควิชาชีวกรรมสุขภาพ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

บทคัดย่อ

สารประกอบในໂຕຣຈັນ ແລະ ພອສຳວັດ ເປັນສາເຫຼຸດສຳຄັນທີ່ກໍາໄໝໃຫ້ເສີຍເກີດການແນ່ເໜັນແລະ ສກປະກາຍິ່ງຂຶ້ນ ກາວວິຈີນີ້ໄດ້ກຶ່ງກາມ ປະລິຫິກາພື້ນຖານໃນການກຳຈັດແອມໂມນີເນີຍແລະ ພອສຳເພັດໃນນ້ຳເສີຍເຖິງບຸນດຸ ດ້ວຍກົງການແລກເປົ່າຍິ່ນໄອອຸນໂດຍໃຊ້ຄອລັມນີ້ບ່ຽງເຮົາມີກົງກາມກຳຈັດ ຕະດູຈຸນ ພີເອະ ຂວາມເໝັ້ນຂໍ້ອງແອມໂມນີເນີຍແລະ ພອສຳເພັດເວັ້ມຕົ້ນ ແລະ ອັດຕະກາໄວໃຫ້ອ້ານຸ້ມີກົງກາມກຳຈັດ ຕະດູຈຸນ ເບີຍປະເທິງຄວາມສາມາດໃນການແລກເປົ່າຍິ່ນໄອອຸນຂອງເຮົາມີກົງກາມກຳຈັດແອມໂມນີເນີຍ ແລະ ພອສຳເພັດໂດຍການແລກເປົ່າຍິ່ນໄອອຸນຈະໄໝປະລິຫິກາພູ້ງເມື່ອດໍາເນີນການໃນສາກະທີ່ເທິມະສົມ ທີ່ຄ່າພີເອະເທົ່າກັບ 7 ແລະ ເຮົາມີໄໝກັບເຮົາມີທີ່ ຜ່ານການເຄື່ອງສາກົນແລ້ວຈະມີປະລິຫິກາພື້ນຖານໃນການກຳຈັດແອມໂມນີເນີຍແລະ ພອສຳເພັດໃໝ່ແຕກຕ່າງໆ

Abstract

Nitrogen and Phosphorus are major pollutants in domestic wastewater. This study was to determine the efficiency of ion exchange of resin in a column in the removal of ammonia and phosphate from domestic wastewater. The effects of initial pH, flow rate of influent, and initial ammonia and phosphate concentrations were studied. The comparison of the efficiency of ammonia and phosphate removal by ion exchange method between new resin and regenerated resin was also studied. The results showed that the highest removal efficiency was achieved when operated under the optimal condition. The best pH value for this process was 7; and the new resin and regenerated resin had no significant difference in their ammonia and phosphate removal efficiency.

1. ນາ໘ນໍາ

ສາເຫຼຸດສຳຄັນທີ່ກໍາໄໝໃຫ້ເສີຍເກີດການແນ່ເໜັນ ອີ້ວ ສາ ອົນທີ່ຢູ່ຕ່າງໆ ຮວມທັງໃນໂຕຣຈັນແລະ ພອສຳວັດ ຜົ່ງເປັນຫາຫຼຸດສຳຄັນ ໃນການເຈົ້າເປັນເອົາໂທຂອງຈຸລິນທີ່ຢູ່ ເຊື່ອປ່ອຍນ້ຳເສີຍທີ່ປັນເປັນສາກ ເທົ່ານັ້ນ ສູ່ແທ່ລ່ວນ້ຳຮຽມຫາຕິຈະກໍາໄໝໃນໂຕຣຈັນແລະ ພອສຳວັດໃນ ແທ່ລ່ວນ້ຳນາຟາເກີນໄປ ທ່ານີ້ພວກສາຫ່າຍສີເຫຼີຍາເຈົ້າເປັນໂດຍກ່າວຽວ ເຮົາ ແລະ ເມື່ອສາຫວ່າຍແລ້ວນ້ຳຕ່າຍ ຈະໄປເພີ່ມມີມານສາກອິນທີ່ຢູ່ໃນນ້ຳ ທ່ານີ້ ກໍາໄໝໃຫ້ແທ່ລ່ວນ້ຳສັກປາກແນ່ເສີຍແລະ ເກີດຜລກຮາບຕ່ອແທ່ລ່ວນ້ຳ

ຮຽມຫາຕິ ດັ່ງນັ້ນ ຈຶ່ງກວດກາໄຟມີການກຳຈັດໃນໂຕຣຈັນແລະ ພອສຳວັດ ຮວມທັງແອມໂມນີເນີຍໃນນ້ຳເສີຍໃໝ່ມີປົມານລດຄວນຈຸດຟຶງ ຮະດັບທີ່ໄຟເກົ່າໃຫ້ເກີດປັບປຸງທາຕ່ອແທ່ລ່ວນ້ຳເສີຍກ່ອນທີ່ຈະຮະບາຍລົງສູ່ແທ່ລ່ວນ້ຳ ສາເປັນໂຕຣຈັນໃນນ້ຳກັ້ນ [1] ແມ່ງອາກເປັນ 2 ປະເທດ ອີ້ວ ສາເປັນໂຕຣຈັນໃນໂຕຣຈັນ ເຫັນ ແອມໂມນີເນີຍ ໄນໄຕຣຕ໌ ໄນເຕຣຕ໌ ແລະ ສາເປັນໂຕຣຈັນ ເຫັນ ປୋରັດ ກຣດອມໂໂນ ສຳວັດໃນນ້ຳກັ້ນມີກອງຢູ່ໃນຮູບພອງ Poly-Phosphate ຜົ່ງ ຮະບບນຳນັ້ນ ດັ່ງຕ່າງໆ ທ່ານີ້ກໍາໄໝຕ່າງໆ ທ່ານີ້ກໍາໄໝຕ່າງໆ ທ່ານີ້ກໍາໄໝຕ່າງໆ ທ່ານີ້ກໍາໄໝຕ່າງໆ

ในญี่มักออกแบบและสร้างขึ้นเพื่อกำจัดสารอินทรีย์ carcinogen ท่านั้น ดันน้ำหากน้ำเสียมีสารประกอบในโตรเจนและฟอสฟอรัสละลายน้ำในปริมาณสูง น้ำทึบ (Effluent) ที่ผ่านการบำบัดแล้วก็จะมีสารประกอบในโตรเจนและฟอสฟอรัสเหลือค้างอยู่ในปริมาณสูงที่น้ำกัน เมื่อระบายน้ำแล้วน้ำจะทำให้มีการเพิ่มปริมาณสารอาหารแก่ แหล่งรับน้ำทึบและเมื่อถึงระดับหนึ่งที่มีสภาวะเหมาะสม จะเกิด Algae boom โดยเฉพาะในแหล่งน้ำปิด พนวย หากในน้ำมีค่าในโตรเจนเกิน 0.3 มิลลิกรัม/ลิตรและสารอินทรีย์ฟอสฟอรัสเกิน 0.01 มิลลิกรัม/ลิตร ภายในสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม พืชน้ำจะเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว เมื่อพืชเหล่านี้ตายลงกลาญเป็นสารอินทรีย์ทำให้แหล่งน้ำมีปริมาณสารอินทรีย์เพิ่มขึ้น จากผลน้ำทำให้จุลินทรีย์ในแหล่งน้ำใช้ออกซิเจนมากขึ้นตามไปด้วยทำให้แหล่งน้ำขาดออกซิเจนและเกิดผลพิษทางน้ำขึ้น เรียกว่า Eutrophication [2] นอกจากนี้ยังพบว่า ถ้าแหล่งน้ำมีปริมาณเอมโมเนียมเนย์อิสระสูงกว่า 1 มิลลิกรัม/ลิตร[2] และมีระดับฟอสฟอรัสสูงในช่วง 0.7-1.1 มิลลิกรัม/ลิตร จะแสดงความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ [3] จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องควบคุมปริมาณของสารประกอบในโตรเจนและฟอสฟอรัสที่เหลือค้างอยู่ในน้ำทึบให้มีปริมาณน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ จากน้ำทึบที่ผ่านการบำบัดขั้นที่ 2 ก่อนที่จะมีการระบายน้ำแล้วน้ำรองรับตัวไป การกำจัดเอมโมเนียมและฟอสเฟต โดยวิธีการแยกเปลี่ยนไออกอน ก็มีอีกแนวทางหนึ่งที่สามารถทำต่อจากกระบวนการบำบัดเดิมที่สร้างไว้ อาจจะมีราคาแพง แต่ใช้งานได้เป็นเวลานานและสามารถคืนสภาพได้ด้วย

2. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

2.1 รูปแบบการทดลอง

การศึกษาครั้งนี้ใช้ระบบจำลองของการทดลองแบบคอลัมน์ (Column Test) ทำการทดลองภายใต้ห้องปฏิบัติการ โดยให้ห้องแก้วทรงกระบอกขนาดเล็กผ่านศูนย์กลาง 2.5 ซม. บรรจุเรซินแลกเปลี่ยนไออกอนลับและเรซินแลกเปลี่ยนไออกอนบาง ตามลำดับ โดยบรรจุชนิดละ 20 เท่านติเมตร ทำการทดลองแบบต่อเนื่อง เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดเอมโมเนียมและฟอสเฟตในน้ำทึบ โดยทำการศึกษาหาพิเศษที่เหมาะสม แล้วจึงศึกษาที่ความ

เข้มข้นของเอมโมเนียมและฟอสเฟตในน้ำทึบ อัตราการไหลของน้ำทึบและเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดเอมโมเนียมและฟอสเฟต ก่อนและหลังการคืนสภาพเรซินครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2

2.2 การเตรียมเรซินและการบรรจุคอลัมน์

เตรียมเรซินก่อนการทดลอง โดยล้างในน้ำ deionized ทลายๆ ครั้ง แล้วแช่ค็อกตันเพื่อกำจัดสารเจือปน นำไปล้างออกด้วย *n*-hexane แล้วจึงนำไปอบที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วนำไปใน desiccator จากนั้นนำไปบรรจุคอลัมน์ โดยชั้น Cation Resin 74 กรัม และ Anion Resin 50 กรัม ปิดหลอดแก้วด้านล่างด้วยจุกยางเจาะรูและมีหลอดแก้วต่อสายยาง เติมน้ำกลั่นลงในหลอดแก้วบรรจุไข่แก้วประมาณ 2 ซม. แล้วเท Anion Resin ลงไปก่อน สูง 20 ซม. ตามด้วย Cation Resin สูงประมาณ 20 ซม. ปิดด้านบนด้วยไข่แก้วอีกครั้ง จะได้คอลัมน์ที่มีเรซินแต่ละชนิดสูง 20 ซม. ก่อนการทดลองแข็งเรซินด้วย NaCl 10% ทึบไว้ 24 ชั่วโมง ทำเหมือนเดิน 3 ชั่ว-

3.3 วิธีการศึกษาประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนไอออนในการกำจัดเอมโมเนียมและฟอสเฟตที่ระดับพิเศษ ความเข้มข้นของเอมโมเนียมและฟอสเฟต และอัตราการไหลของน้ำเสียต่างกัน

- เตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ ที่มีความเข้มข้นเอมโมเนียมและฟอสเฟตต่างๆ และ พิเศษ 5, 7 และ 9

- ติดตั้งอุปกรณ์ในการทดลอง

- ผ่านน้ำเสียสังเคราะห์ เข้าคอลัมน์ที่เตรียมไว้ ด้วยอัตราการไหล 8 มิลลิลิตรต่อนาที เก็บตัวอย่างน้ำทุก 4 ชั่วโมง ครบ 48 ชั่วโมง แล้วนำไปตรวจวิเคราะห์ท่าปริมาณเอมโมเนียมและฟอสเฟต

- นำค่าพิเศษที่ทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดเอมโมเนียมและฟอสเฟตดีที่สุด มาทดลอง โดยทำการทดลองใหม่อีกครั้ง ด้วยอัตราการไหล 8 มิลลิลิตรต่อนาทีและ 15 มิลลิลิตรต่อนาทีและให้น้ำทึบมีความเข้มข้นของเอมโมเนียมและฟอสเฟต ดังนี้

ความเข้มข้นเอมโมเนียม 35 มก./ลิตร ฟอสเฟต 25 มก./ลิตร
ความเข้มข้นเอมโมเนียม 35 มก./ลิตร ฟอสเฟต 35 มก./ลิตร
ความเข้มข้นเอมโมเนียม 45 มก./ลิตร ฟอสเฟต 25 มก./ลิตร
ความเข้มข้นเอมโมเนียม 45 มก./ลิตร ฟอสเฟต 35 มก./ลิตร

- นำชุดการทดลองคอลัมน์กับเวชินชุดหนึ่ง มาทำการปรับสภาพด้วย NaCl 10% จำนวน 10 ลิตร และทำการทดลองช้า ในสภาวะเดิม เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนไอออนก่อนและหลังการคืนสภาพ 2 ครั้ง

- ทำการทดลองช้าโดยใช้น้ำทึบภาระแบบบัดน้ำเสียโรงพยาบาลราชวิถี มีความเข้มข้นของเอมโมเนียระหว่าง 5-10 มิลลิกรัม/ลิตร ความเข้มข้นของฟอสเฟตระหว่าง 3-5 มิลลิกรัม/ลิตร ปรับความเข้มข้นให้อยู่ในช่วงที่ทำการทดลอง โดยใช้พื้นที่ที่เหมาะสม คือ pH 7.0

3. ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล

จากการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการแลกเปลี่ยนไอออนเพื่อการกำจัดเอมโมเนียและฟอสเฟตในน้ำทึบ สามารถแสดงผลการศึกษาได้ดังนี้

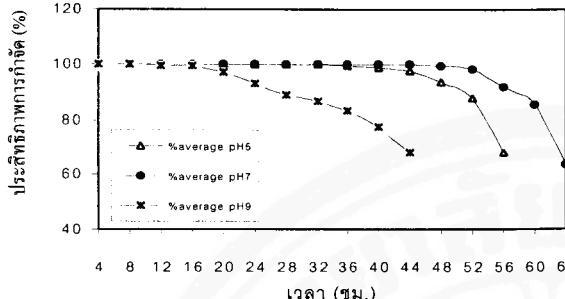
จากการศึกษาผลของพื้นที่เริ่มต้น ที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดเอมโมเนีย ดังรูปที่ 1 พบว่า ในช่วงพื้นที่ 5 และ 7 จะให้ประสิทธิภาพเฉลี่ยในการกำจัดเอมโมเนียสูง ขณะที่พื้นที่ 9 มีประสิทธิภาพการกำจัดเอมโมเนียที่ลดลงอย่างมากในช่วงที่ 44 และเมื่อเวลาผ่านไป 56 ชั่วโมง ที่พื้นที่ 7 ยังสามารถกำจัดเอมโมเนียได้ดี (92%) ส่วนที่พื้นที่ 5 ประสิทธิภาพการกำจัดลดลง (68%) สำหรับการกำจัดฟอสเฟต (รูปที่ 2) ที่พื้นที่ 7 และ 9 จะให้ประสิทธิภาพการกำจัดที่ดี ส่วนที่พื้นที่ 5 จะให้ประสิทธิภาพการกำจัดที่ลดลง เมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง จากรูปที่ 1 และ 2 จะพบว่า พื้นที่เริ่มต้นที่เหมาะสม คือ พื้นที่ 7 เนื่องจากให้ค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยในการกำจัดดีที่สุดทั้งเอมโมเนียและฟอสเฟต

ทั้งนี้อิชิบายได้ร่วมในสาระละลาย แอมโมเนียสามารถถอยู่ในรูปที่ไม่มีประจุ (NH_3) และรูปที่มีประจุ (NH_4^+) ขึ้นอยู่กับ พื้นที่ และ อุณหภูมิ และมโนเนียในรูปที่มีประจุ คือ NH_4^+ สามารถกำจัดได้โดยวิธีแลกเปลี่ยนไอออน ที่พื้นที่ตั้งแต่ 7 ลงมา แต่ถ้าพื้นที่สูงกว่า 7 ปริมาณเอมโมเนียในไอออนจะค่อยๆลดลง ก็จะมีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดเอมโมเนียโดยวิธีการแลกเปลี่ยนไอออน ซึ่งคล้ายคลึงกับการทดลองของ Koon และ Kaufman [4] พบว่า

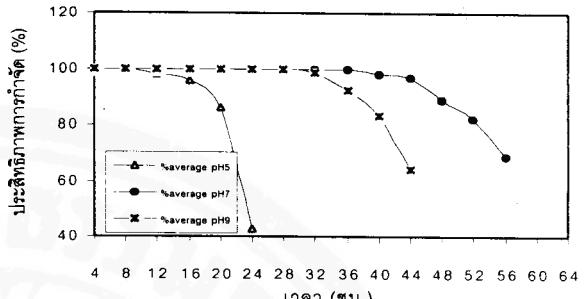
พื้นที่มีผลต่อการแลกเปลี่ยนไอออนระหว่างแอมโมเนียกับ Clinolitolite และให้ประสิทธิภาพสูงสุดที่พื้นที่อย่างกว้างหรือเท่ากับ 6 Sheng และ Chang [5]ได้ทดลองกำจัดเอมโมเนียโดยการใช้เรซิน Dower HCR-S ชนิด Na-type ปรับพื้นที่ของสารละลายให้อยู่ในช่วงพื้นที่ 4 ถึงพื้นที่ 10 พบว่า ความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนที่จุดสมมูล (Q_s) มีค่าที่น้อยกว่าพื้นที่กว่า 7 และจะเริ่มลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อพื้นที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นช่วงพื้นที่เหมาะสมในการแลกเปลี่ยนไอออนกับแอมโมเนียควรตั้งไว้ระหว่างพื้นที่ 7 หรือสูงกว่า แต่จะลดลงเมื่อพื้นที่ต่ำลง ทั้งนี้อิชิบายได้วางนิทรรย์อัตราฟอสเฟต จะอยู่ในรูป H_2PO_4^- และ HPO_4^{2-} ในแหล่งน้ำธรรมชาติมีมากกว่าในรูป PO_4^{3-} และ H_3PO_4 สมการสมดุลระหว่างโนโนและไดวานันท์ ซึ่งนี้กับพื้นที่ สอดคล้องกับการทดลองของ Gregory และ Dhond [6] ซึ่งศึกษาการใช้เรซินแลกเปลี่ยนไอออน ลบ 10 ชนิด กำจัดฟอสเฟตจากน้ำเสีย พบว่า ที่พื้นที่ 7.8 เหมาะสมที่สุด คือมี H_2PO_4^- 14% และ HPO_4^{2-} 86% ดังนั้น พื้นที่ที่เหมาะสมในการแลกเปลี่ยนฟอสเฟตควรจะประมาณ 7.8

จากการศึกษาผลของความเข้มข้นเริ่มต้นของเอมโมเนียและฟอสเฟตต่อการแลกเปลี่ยนไอออน จากรูปที่ 3 และ 4 เมื่อความเข้มข้นของเอมโมเนียในน้ำทึบมีค่าต่ำกว่า จะมีผลให้ประสิทธิภาพการกำจัดเอมโมเนียสูงกว่าและจากรูปที่ 5 และ 6 จะพบว่า เมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของฟอสเฟตในน้ำทึบมีค่าต่ำกว่า จะมีผลให้ประสิทธิภาพการกำจัดฟอสเฟตสูงกว่าเช่นเดียวกัน

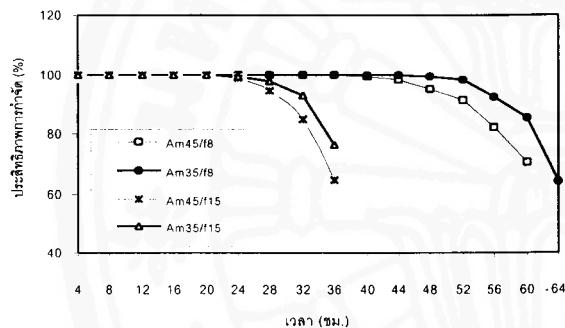
จากการไฟในรูปที่ 3-6 จะเห็นได้ว่า ถ้าความเข้มข้นเริ่มต้นของเอมโมเนียและฟอสเฟตในน้ำทึบที่ใช้ในการทดลองมีค่าที่ต่ำกว่า จะมีผลให้ประสิทธิภาพการกำจัดเอมโมเนียและฟอสเฟตสูงกว่า เล็กน้อย ในทุก ๆ ชุดการทดลอง คือ ประสิทธิภาพการกำจัดที่ระดับความเข้มข้นเอมโมเนียและฟอสเฟต เท่ากับ 35 ± 2 และ 25 ± 3 จะสูงกว่าระดับ 45 ± 2 และ 35 ± 3 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ



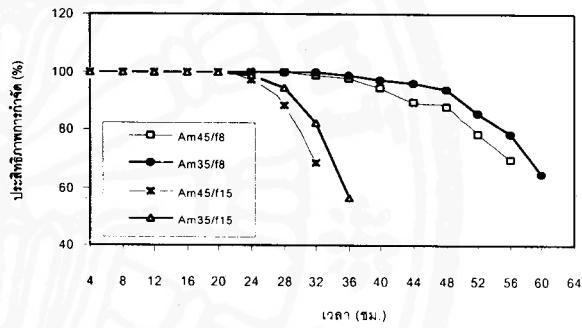
รูปที่ 1 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพในการกำจัด
แอมโมเนียมในน้ำทั้งที่พื้นที่ต่างกัน



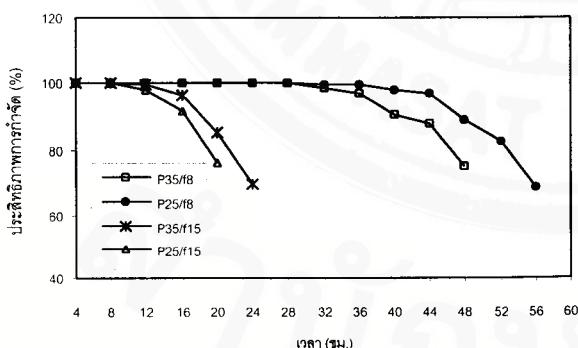
รูปที่ 2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพในการกำจัด
ฟอสเฟตในน้ำทั้งที่พื้นที่ต่างกัน



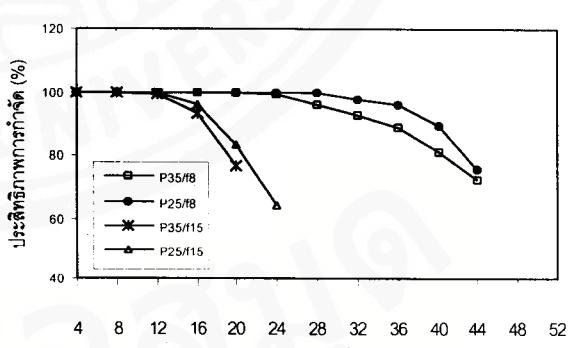
รูปที่ 3 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการกำจัดแอมโมเนียมโดยเนียบ
เมื่อความเข้มข้นต่างกัน ที่ความเข้มข้นของฟอสเฟตประมาณ
25+/- 3 มก./ล. และอัตราการไหล 8 และ 15 มล./นาที



รูปที่ 4 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการกำจัดแอมโมเนียมโดยเนียบ
เมื่อความเข้มข้นต่างกัน ที่ความเข้มข้นของฟอสเฟตประมาณ
35+/- 3 มก./ล. และอัตราการไหล 8 และ 15 มล./นาที



รูปที่ 5 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพในการกำจัด
ฟอสเฟตเมื่อความเข้มข้นต่างกัน ที่ความเข้มข้นของแอมโมเนียมโดยเนียบ
35+/- 3 มก./ล. และอัตราการไหล 8 และ 15 มล./นาที



รูปที่ 6 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพในการกำจัด
ฟอสเฟตเมื่อความเข้มข้นต่างกัน ที่ความเข้มข้นของแอมโมเนียมโดยเนียบ
35+/- 2 มก./ล. และอัตราการไหล 8 และ 15 มล./นาที

จากการที่เมื่อความเข้มข้นของแอมโมเนียมในน้ำทึ้งเพิ่มขึ้นแล้วมีผลให้ประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียลดลงนั้น ทั้งนี้อธิบายได้ว่า เมื่อความเข้มข้นของแอมโมเนียมเพิ่มขึ้น จะทำให้เกิดแรงขับ (driving force) ในการที่จะเอาชนะความต้านทาน การแลกเปลี่ยนมวล (mass-transfer resistance) ระหว่างสถานะสารละลายและสถานะของแข็ง ทำให้ความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนของเรชินมากขึ้น ไอออนอิสระของเรชินจะลดลงอย่างรวดเร็ว ทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียจะลดลง แต่ในกรณีนี้ มีแนวโน้มของประสิทธิภาพการกำจัดเป็นไปในแนวทางเดียวกัน แต่แตกต่างกันไม่ชัดเจน เพราะช่วงความแตกต่างของระดับความเข้มข้นเริ่มต้นที่ใช้ในการทดลองต่างกันน้อยเกินไป

ประสิทธิภาพการกำจัดที่ได้จะมีค่าใกล้เคียงกัน คล้ายคลึงกับการทดลองของ Sheng และ Chang [5] ได้ศึกษาการกำจัดแอมโมเนียโดยการแลกเปลี่ยนไอออนกับเรชิน ทำการทดลองแบบที่ลักษณะ (bath experiment) ที่พื้นที่ของน้ำเสียเท่ากับ 4 ความเข้มข้นเริ่มต้นของแอมโมเนียมเท่ากับ 10, 20, 40 และ 80 มิลลิกรัม/ลิตร พบว่า ความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของแอมโมเนียมสูงขึ้น และอีกการทดลองหนึ่งที่ Sheng และ Chang [7] ได้ศึกษาการกำจัดสารประกอบในไตรเจนจากสารละลายโดยวิธีโอโซนและแลกเปลี่ยนไอออน พบว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียจะแปรผันกับความเข้มข้นของแอมโมเนียม กล่าวคือ ถ้าหากน้ำเสียมีปริมาณแอมโมเนียมมาก ประสิทธิภาพในการกำจัดจะลดลงอย่างรวดเร็ว

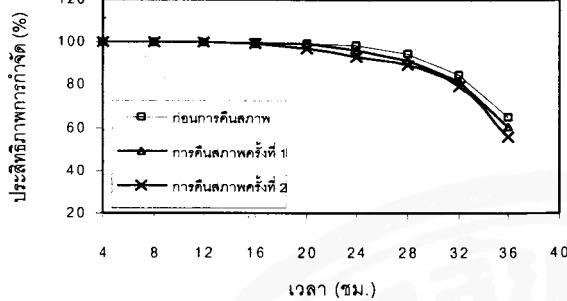
ส่วนเมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของฟอสเฟตในน้ำทึ้งเพิ่มขึ้น แล้วทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสเฟตลดลงนั้น อธิบายได้ว่า เมื่อความเข้มข้นของฟอสเฟตในน้ำทึ้งเพิ่มมากมากขึ้น จะทำให้เกิดแรงขับ (driving force) ในการที่จะเอาชนะความต้านทาน การแลกเปลี่ยนมวล (mass-transfer resistance) ระหว่างสถานะสารละลายและสถานะของแข็งทำให้ความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนของเรชินเพิ่มขึ้น แต่ในขณะเดียวกันก็จะมีฟอสเฟตที่ไม่สามารถแลกเปลี่ยนไอออนมากขึ้นเช่นเดียวกัน เพราะเมื่อความเข้มข้นเพิ่มมากขึ้น ไอออนอิสระของเรชินก็จะลดลงอย่างรวดเร็ว ประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสเฟตจะลดลง

จากการศึกษาผลของอัตราการไอลอกพบว่า ที่ระดับอัตราการไอลอก 8 คลอรัม จากการทดลองพบว่า ที่ระดับอัตราการไอลอก 8

มิลลิลิตร/นาที จะมีประสิทธิภาพการกำจัดแอมโมเนียมและฟอสเฟตดีกว่าที่ระดับอัตราการไอลอก 15 มิลลิลิตร/นาที ในทุกชุดการทดลอง ดังจะเห็นได้จาก群ที่ 3,4,5 และ 6 คือ ในทุกรอบ试验 ความเข้มข้นของแอมโมเนียมและฟอสเฟตในน้ำทึ้ง ชุดการทดลองที่ใช้ระดับอัตราการไอลอก 8 มล./นาที จะมีประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียมและฟอสเฟตสูงกว่าชุดการทดลองที่ใช้อัตราการไอลอก 15 มล./นาที

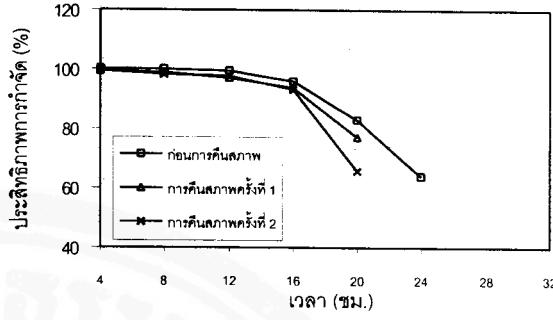
ทั้งนี้อธิบายได้ว่า เมื่ออัตราการไอลอกของน้ำเสียที่ไอลอกเข้าสู่คลอรัมเพิ่มขึ้น จะทำให้ความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนของเรชินน้อยลง เพราะในระดับอัตราการไอลอกของน้ำเสียที่ต่ำกว่า ไอลอกของแอมโมเนียมและฟอสเฟตมีเวลาพอเพียงที่จะเกิดปฏิกิริยาแลกเปลี่ยนไอออนที่สมบูรณ์ตั้งการทดลองที่คิดถ่ายคึ่งกันของ Sheng และ Chang [7] ได้ศึกษาการกำจัดสารประกอบในไตรเจนจากสารละลายโดยวิธีโอโซนและแลกเปลี่ยนไอออน ศึกษาผลอันเนื่องมาจากอัตราการไอล พบว่าเมื่ออัตราการไอลลดลง จะมีเวลาในการแลกเปลี่ยนไอออนเพิ่มขึ้น ทำให้สามารถกำจัดแอมโมเนียมและไนโตรที่เพิ่มขึ้น Booker และ Cooney [8] ศึกษาการกำจัดแอมโมเนียมโดยการคัดซับของชีโอลิต ศึกษาผลเนื่องมาจากอัตราการไอล พบว่า การกำจัดแอมโมเนียมขึ้นกับอัตราการไอลของน้ำเสียที่ผ่านคลอรัมนั้น เนื่องจากต้องการให้ความเข้มข้นของแอมโมเนียมของน้ำทึ้งมีค่าต่ำกว่า $1 \text{ mgNH}_3\text{-N/l}$ ถ้าอัตราการไอลต่ำกว่าจะสามารถดำเนินระบบได้นานกว่าที่อัตราการไอลสูง

จากการศึกษาผลของเรชินที่มีต่อประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนไอออนในการกำจัดแอมโมเนียมและฟอสเฟต จากรูปที่ 7 และ 8 จะเห็นได้ว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียมและฟอสเฟตตั้งก่อนและหลังการคืนสภาพเรชินนี้ค่าใกล้เคียงกันมาก โดยประสิทธิภาพการกำจัดก่อนการคืนสภาพ จะสูงกว่าหลังการคืนสภาพครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ตามลำดับ ทั้งนี้อธิบายได้ว่า ในกระบวนการแลกเปลี่ยนไอออน Na^+ ในเรชินแลกเปลี่ยนประจุบวกและ Cl^- ในเรชินแลกเปลี่ยนประจุลบจะถูกแทนที่โดย NH_4^+ และ HPO_4^{2-} ตามลำดับ จึงต้องทำการคืนสภาพด้วย NaCl เพื่อเพิ่มปริมาณ Na^+ และ Cl^- ให้แก่เรชิน ในการปฏิบัติ มักนิยมทำการคืนสภาพเพื่อเรียกอานาจในการแลกเปลี่ยนไอออนของเรชินให้กลับคืนมาบางส่วนเท่านั้น เนื่องจากประสิทธิภาพในการทำการคืนสภาพของเรชินมักมีค่าต่ำ ทำให้การเรียก



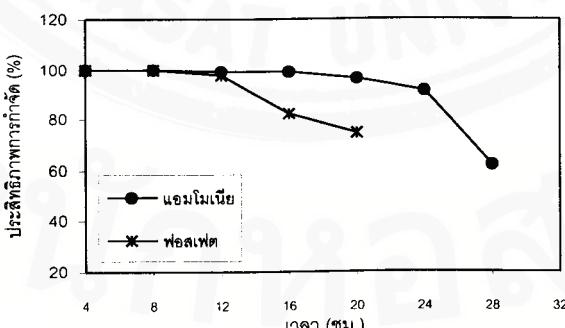
รูปที่ 7 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพในการกำจัดเอมโนเนียในน้ำทึบก่อมและหลังการคืนสภาพ โดยความเข้มข้นของเอมโนเนียและฟอสฟेट คือ $45+/-2$ และ $25+/-3$ มก./ล.
ตามลำดับ และอัตราไหล 15 มล./นาที พีเอช 7

อำนาจหั้งหมัดที่มีอยู่กลับคืนมา ต้องลื้นเปลืองสารคืนสภาพปริมาณสูงมากและจัดตัวไม่คุ้มค่ากับผลตอบแทนที่ได้รับ และระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารคืนสภาพ เช่น เกลือแกง ควรมีความเข้มข้นประมาณ 10-15% จึงจะได้อ่านใจแลกเปลี่ยนไออกอนามากที่สุด การใช้ความเข้มข้นสูงเกินไป ทำให้เรซินหลดตัวเป็นอุบัติการณ์ต่อการเคลื่อนที่ของโซเดียมและคลอไรด์เข้าสู่ช่องว่างภายในเรซิน แต่ถ้าความเข้มข้นของเกลือแกงต่ำเกินไป ก็จะมีปริมาณ Na^+ และ Cl^- ขณะใดขณะหนึ่งไม่เพียงพอที่จะดึงไออกอนให้หลุดออกจากเรซินได้ Sheng และ Chang [5] ศึกษาถึงปริมาณของ Na^+ ที่มีผลต่อขนาดของการแลกเปลี่ยนไออกอน พบร่วงว่า ถ้าความเข้มข้นของ Na^+ มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 กรัมมอลลิตร NH_4^+ ที่อยู่ในเรซินที่หมดสภาพแล้วจะถูกขับออกมากจาก



รูปที่ 8 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟ์ในน้ำทึบก่อมและหลังการคืนสภาพ โดยความเข้มข้นของเอมโนเนียและฟอสฟेट 45+/-2 และ 25+/-3 มก./ล.
ตามลำดับ และอัตราไหล 15 มล./นาที พีเอช 7

สถานะของเรซิน คือ เรซินได้สมบูรณ์ซึ่งเท่ากับความเข้มข้นของ NaCl 4.7% น้ำหนักโดยน้ำหนัก ดังนั้นสารละลาย NaCl 10% จึงเหมาะสมต่อการคืนสภาพเรซิน ดังในกรณีทดลองที่คล้ายคลึงกับ Sheng และ Chang [5] ศึกษาการกำจัดเอมโนเนียโดยการแลกเปลี่ยนไออกอนกับเรซินแบบทีละเท ทำการคืนสภาพโดยแท่เรซินในสารละลายเกลือแกง 10% ทึ้งไว้ชั่วคืน ทำการคืนสภาพรวม 4 ครั้ง มีค่าน้อยกว่า 2.5% เนื่องจากว่ายังคงมีปริมาณเอมโนเนียเหลืออยู่ในเรซินอีกเล็กน้อยหลังจากการคืนสภาพแต่ละครั้ง อย่างไรก็ตาม การน้ำไปใช้ประโยชน์ยังคงถือว่าพอดีอย่าง Liberti และ Boari [9] ศึกษาการกำจัดเอมโนเนียและฟอสฟ์จากน้ำเสียและน้ำกลับมาใช้ใหม่ โดยการแลกเปลี่ยนไออกอนบวกและลบ ทำการคืนสภาพด้วย NaCl จากน้ำ



รูปที่ 9 กราฟค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพในการกำจัดเอมโนเนียและฟอสฟ์ในน้ำทึบจากโรงพยาบาลราชวิถี โดยความเข้มข้นของเอมโนเนียประมาณ 46.78 มก./ล. ความเข้มข้นของฟอสฟ์ประมาณ 25.35 มก./ล. และอัตราการไหล 15 มล./นาที พีเอช 7

ทະເລ ໄດ້ຜົດພລິຕີໂຄ $MgNH_4PO_4$ ແລະ NH_4NO_3 ປຶ້ງນໍາມາໃຫ້ເປັນຢູ່ໄດ້ ແລະສາມາຄາໃໝ່ເຮັດວຽກໃຫ້ແລະທໍາການຄືນສັກພາດໄດ້ດັ່ງ 500 ຄັ້ງ Gregory ແລະ Dhond [10] ຄືການການປຳບັດນໍາເສີຍໂດຍກາຣແລກເປົ່າຍືນໄອອອນ ທໍາການຄືນສັກພາດດ້ວຍ $NaCl$ 20% 4 ລິຕີຣ ພບວ່າ ເປັນຮັບດັບທີ່ມີເໜາະສົມ ດວຈະເຈົ້າຈາກເກລືອແກ່ງໃຫ້ມີຄວາມເຂັ້ມຂັ້ນນ້ອຍລົງ ແຕ່ໄໝຄວາມຕ່າງກ່າວ 10% ເພຣະໄໝມີຄວາມສາມາດພວດທີ່ຈະດຶງ NH_4^+ ແລະ HPO_4^{2-} ອອກຈາກເຮັດວຽກໄດ້

ຈາກຮູບທີ່ 9 ໄດ້ຄືກາປະປະສິກີພາກການກຳຈັດແອມໂນເນີຍແລະພອສັເໝດໄອຍວິເຊີແລກເປົ່າຍືນໄອອອນໃນໜ້າເສີຍຈົງເຊື່ອມີນໍາທີ່ຈາກໂຮງພຍານາລາວຂົງມີມີຄວາມເຂັ້ມຂັ້ນຂອງແອມໂນເນີຍແລະພອສັເໝດປະມາຄານ 46.78 ແລະ 25.35 ມກ./ລ. ໂດຍທົດລອງທີ່ອ້າວາກາໄລ 15 ມີລິລິຕີ/ນໍາທີ່ ພື້ອຍໆ 7

ຈາກການທົດລອງພບວ່າ ປະປະສິກີພາກໃນການກຳຈັດແອມໂນເນີຍແລະພອສັເໝດເຮົ່ມລົດລົງ ເນື້ອເວລາທີ່ໄໝເຮັດວຽກເພີ່ມຂັ້ນແສດງວ່າສາມາຄາດບປົມາຄາແອມໂນເນີຍແລະພອສັເໝດໄດ້ ຢື່ງແມ່ວ່າຈະມີປົມາຄາໄອອອນອົ່ນໆ ເຊັ່ນ ສ້າລັເພື່ອ ແກລເຊີຍມ ອູ້ໃນໜ້າທີ່ຈັດ

4. ສຽງຜົດການທົດລອງ

ຈາກການຄືກາປັບຈັຍທີ່ມີຜົດຕ່ອງປະປະສິກີພາກການກຳຈັດແອມໂນເນີຍແລະພອສັເໝດໃນໜ້າທີ່ໂດຍກາຣແລກເປົ່າຍືນໄອອອນຂອງເຮັດວຽກ ໂດຍຄືກາພລອຂອງພື້ອຍໆເຮົ່ມຕົ້ນ ອ້າວາກາໄລທີ່ໄລຍະກົມ້າລົມນໍ້າ ຄວາມເຂັ້ມຂັ້ນຂອງແອມໂນເນີຍແລະພອສັເໝດເຮົ່ມຕົ້ນ ຕົວດີຈະປົງປັງເຖິງຄວາມສາມາດໃນກາຣແລກເປົ່າຍືນໄອອອນຂອງເຮັດວຽກ ກອນແລະທັງກາຣຄືນສັກພາດ ພບວ່າ ພື້ອຍໆທີ່ເໜາະສົມໃນກາຣແລກເປົ່າຍືນໄອອອນເທົ່າກຳຈັດແອມໂນເນີຍແລະພອສັເໝດ ອື່ນ ພື້ອຍໆ 7 ເນື້ອຈາກໄໝຄ່າກາຣກຳຈັດແອມໂນເນີຍແລະພອສັເໝດທີ່ສຸດ ສ່ວນຄວາມເຂັ້ມຂັ້ນເຮົ່ມຕົ້ນຂອງແອມໂນເນີຍແລະພອສັເໝດ ພບວ່າ ໃນການແອມໂນເນີຍ ເນື້ອຄວາມເຂັ້ມຂັ້ນໃນໜ້າທີ່ເພີ່ມຂັ້ນ ປະປະສິກີພາກໃນການກຳຈັດແອມໂນເນີຍຈະລດລົດແຕ່ໄໝສ້າລັເພື່ອ ສ່ວນໃນການໂອງພອສັເໝດນັ້ນ ເນື້ອຄວາມເຂັ້ມຂັ້ນເຮົ່ມຕົ້ນໃນໜ້າທີ່ເພີ່ມຂັ້ນ ປະປະສິກີພາກການກຳຈັດພອສັເໝດຈະລດລົດຍ່າງສັດເຈນ ສ່ວນການຄືກາອ້າວາກາໄລທີ່ໄລຍະກົມ້າລົມນໍ້າ ອ້າວາກາໄລທີ່ໄລຍະກົມ້າລົມນໍ້າກົມ້າກົມ້າ ແລະເນື້ອເປົງປັງເຖິງປະປະສິກີພາກການກຳຈັດແອມໂນເນີຍແລະພອສັເໝດຂອງເຮັດວຽກໃໝ່ແລະ

ເຮັດວຽກທີ່ໄໝເຮັດວຽກສັກພາພແລ້ວ ພບວ່າ ໃນການແອມໂນເນີຍ ຜູດການທົດລອງກ່ອນກາຣຄືນສັກພາເຮັດວຽກ ທັງກາຣຄືນສັກພາເຮັດວຽກທີ່1 ແລະ ຜູດການທົດລອງທັງກາຣຄືນສັກພາທີ່2 ມີປະສິກີພາກການກຳຈັດແລ້ວ ຮ້ອຍລະ 93.60 , 92.15 ແລະ 90.55 ຕາມລໍາດັບ ທີ່ຈະເກີນໄດ້ວ່າໄໝຄ່າໄກລ້າເຄີຍກັນ ໃນການຝຶກສັເໝດ ຜູດການທົດລອງກ່ອນກາຣຄືນສັກພາ ທັງກາຣຄືນສັກພາທີ່2 ມີປະສິກີພາກການກຳຈັດແລ້ວ ຮ້ອຍລະ 90.43, 85.84 ແລະ 90.97 ທີ່ຈະໄໝຄ່າໄກລ້າເຄີຍກັນ ນ້າທີ່ໄໝຈາກກາຣຄືນສັກພາ ແມ່ຈະມີປົມາຄາໄໝມາກັນ ແຕ່ມີປົມາຄາແອມໂນເນີຍແລະພອສັເໝດສູງມາກ ສາມາດກຳໄປໃຫ້ປະໂຍ້ນໄດ້ ແລະຈາກການໄໝຄືກາປະປະສິກີພາໃນການກຳຈັດແອມໂນເນີຍແລະພອສັເໝດໃນໜ້າທີ່ຈາກໂຮງພຍານາລ ທີ່ເປັນນໍາເສີຍຈົງ ໂດຍມີສ່ວນປະເນັ້ນຫຍ່າຍືດພບວ່າສາມາດລົດບົມາຄາແອມໂນເນີຍໄດ້ດຶງຮ້ອຍລະ 92.56 ຮະຍະເວລາໃນການຈຳລອງເສັ້ນໂອນທີ່ 28 ແລະລດປົມາຄາພອສັເໝດໄດ້ດຶງຮ້ອຍລະ 90.86 ຮະຍະເວລາໃນການຈຳລອງເສັ້ນໂອນກຶ່ງເສັ້ນໂອນທີ່ 20 ໃນເສັ້ນການປັບປຸງພື້ອຍໆ 7

5. ເອກສາຮ້າງອີງ

- [1] ເມື່ອມັກດີ ເມະນະເຄວຕ, ແນ່ສ່ງນໍາກັນປ້ອນໝາມລົມບີ້່, ພິມພົກຮ້າງທີ່ 5, ກຽງເທິງ : ສ້ານັກພິມພົກໝາງກຽນມາຮົດວຽກ, 2536.
- [2] ຂາງູ້ຂໍ້ມູນ ວິງວູ້ປ້ອນໝາງກິຈ, ເອກສາປະກອບການບຽບນາງ ເຮົ່າງການກຳຈັດໃນໂຕຣເຈນແລະພອສັເໝດໃນຮະບູນນຳບັດນໍາເສີຍຂອງກຽງເທິງມານາຄາ, ກຽງເທິງ, 2536.
- [3] ເຄີມຄົງ ພລະພັດ, ພລກຮະກບາບຂອງນໍາເສີຍໃນກຽງເທິງມານາຄາ ຕ່ອລ່ງມີຮົວໃຈໃນໜ້າ, ລັມມານວິທີຍາຄາສົດລົງແວດລ້ວມາຄາຕົ້ນປົກກົດການຄືກາ 2530-2531, ມາຮົດວຽກ, ເກະຕະກາສົດ, 2530.
- [4] Koon J.H. , Kaufman W.J. Ammonia , Removal from Municipal Wastewater by Ion Exchange. WPCF, 1975.
- [5] Sheng H.L. , Chang L.W. Ammonia Removal from Aqueous Solution by Ion Exchange , Ind Eng Chem Res. 35:553-8 p. ,1996.

- [6] Gregory J., Dhond R.V. , Anion Exchange Equilibria involving Phosphate, Sulphate and Chloride , Wat Res , 6:695-702 p., 1972.
- [7] Sheng H.L, Chang L.W., Removal of Nitrogenous Compounds from Aqueous Solution By Ozonation and Ion Exchange , Wat Res , 30(8): 1851-7 p., 1996.
- [8] Booker N.A., Coony E.L., Priestley A.J. , Ammonia Removal from Sewage using Natural Australian Zeolite , Wat Sci Tech, 17-24 p., 1996.
- [9] Liberti L., Gianfranco B., Domenico P., Roberto P. , Nutrient Removal and Recovery from Wastewater by Ion Exchange , Wat Res. 5:337-4 p. , 1981.
- [10]Gregory J., Dhond R.V. , Wastewater Treatment by Ion Exchange , Wat Res , 6:681-94 p., 1972.