

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญ

สารหนูจัดเป็นสารกึ่งโลหะที่เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต การปนเปื้อนสารหนูในสิ่งแวดล้อมมักมาจากการทำเหมืองแร่-ถลุงแร่ และอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น อุตสาหกรรมผลิตแก้ว อุตสาหกรรมผลิตเซมิคอนดักเตอร์ อุตสาหกรรมผลิตสี อุตสาหกรรมผลิตน้ำยารักษาเนื้อไม้ (Wood preservatives production) อุตสาหกรรมผลิตสารกำจัดศัตรูพืช (Singh et al., 2015; Agrafioti et al., 2014) ปัญหาการปนเปื้อนของสารหนูในน้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน จัดเป็นปัญหาที่สำคัญยิ่งของหลายประเทศที่อยู่ในโลก เช่น จีน ไต้หวัน แม็กซิโก อาร์เจนตินา อินเดีย ซิเลีย และ บังคลาเทศ รวมถึงประเทศไทย ซึ่ง WHO (World Health Organization) กำหนดให้มีปริมาณสารหนูในน้ำดื่มไม่เกิน 10 ไมโครกรัมต่อลิตร หรือ 0.01 มิลลิกรัม/ลิตร (Singh et al., 2015; Saha and Sarkar, 2012) โดยทั่วไปสารหนูที่พบในน้ำธรรมชาติมี 2 รูปด้วยกันได้แก่ สารอนินทรีย์และสารอินทรีย์ ซึ่งโดยส่วนใหญ่พบสารหนูประเภทอนินทรีย์ที่มีวาเลนซ์ +5 เรียกว่า อาร์เซนิต (As^{+5}) พบได้หลายรูปเช่น H_3AsO_4 , $H_2AsO_4^-$, $HAsO_4^{2-}$ และ AsO_4^{3-} และวาเลนซ์ +3 (As^{+3}) เรียกว่าอาร์เซนิต พบได้หลายรูปเช่นเดียวกัน ได้แก่ H_3AsO_3 , H_2AsO_3 , $HAsO_3^{2-}$ (Ren et al., 2014) ซึ่งมีการเปลี่ยนรูปได้ขึ้นกับสภาพรีดอกซ์โพเทนเชียล (redox potencial) และค่าของพีเอช (pH) (Singh et al., 2015; Ren et al., 2014) โดยสารอาร์เซนิต ($As(III)$) มีความเป็นพิษมากกว่าอาร์เซนิต ($As(V)$) 25-60 เท่า เมื่อมนุษย์ได้รับสารหนูปริมาณมากเกินไปจะมีผลกระทบต่อระบบประสาท ระบบทางเดินอาหาร และระบบผิวหนัง และถ้าได้รับสารหนูอย่างต่อเนื่องจะทำให้เกิดอาการแบบเรื้อรังซึ่งเป็นอันตรายต่อระบบทางเดินอาหาร ระบบย่อย ระบบไหลเวียนโลหิตและขับถ่าย รวมทั้งมีผลต่อการเกิดมะเร็ง (Singh et al., 2015; Li et al., 2012)

ปัญหาการปนเปื้อนสารหนูในสิ่งแวดล้อมของประเทศไทยพบมากขึ้นเรื่อย ๆ ในหลาย ๆ พื้นที่ โดยพบการปนเปื้อนสารหนูในดินและแหล่งน้ำครั้งแรกที่ อำเภอรัตนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งเป็นในบริเวณพื้นที่การทำเหมืองแร่ดีบุก ซึ่งสารหนูถือเป็นผลพลอยได้จากการถลุงแร่ ส่วนใหญ่จะเป็นแร่อาร์เซนไพไรต์ (Arsenopyrite, $FeAsS$) ที่มากับสารแร่ดีบุก การแพร่กระจายของสารหนูเกิดจากสารหนูในแร่ Arsenopyrite ที่ปนเปื้อนกับสายแร่ถูกขุดออกมา เมื่อเข้าสู่กระบวนการแยกแร่ Arsenopyrite จะถูกแยกออกมากับหางแร่และทิ้งไว้ทำให้เกิดการแพร่กระจายสู่ดินและแหล่งน้ำ และพบว่าสารหนูปนเปื้อนในดินตั้งแต่ 21-16,000 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (เพชรดา เจริญมิตร, 2554) และพบการปนเปื้อนสารหนูในน้ำบาดาลสูงถึง 50 มิลลิกรัม/ลิตร (เพชรดา เจริญมิตร, 2554) ปัญหาของสารหนูในพื้นที่ดังกล่าวทำให้ประชาชนเดือดร้อนกับการที่เป็นโรคไข้ดำระบาดในพื้นที่ อำเภอรัตนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช แต่อย่างไรก็ตามปัญหาการแพร่กระจายของสารหนูในแหล่งน้ำและดิน ที่อำเภอรัตน-

พิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช เป็นปัญหาที่สะสมมากกว่า 30 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2530 ถึงปัจจุบัน เนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวเคยเป็นเหมืองแร่ดีบุกมาก่อนทำให้แหล่งน้ำใต้ดินและผิวดินปนเปื้อนกับสารหนูที่แพร่กระจายสู่แหล่งน้ำเหล่านั้นเมื่อประชาชนก็เข้าไปอยู่อาศัยทำให้ประชาชนมีโอกาสรับสารหนูได้โดยตรงจากการบริโภคและอุปโภค นอกจากนี้พบการปนเปื้อนของสารหนูบริเวณท่าเหมืองแร่ทองคำในภาคตะวันออกเฉียงเหนือบริเวณ อำเภอวังสะพุง จังหวัดเลย พบว่าดินบริเวณดังกล่าวมีปริมาณสารหนูเกินมาตรฐานของสารหนูที่กำหนดไว้ไม่เกิน 3.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (มิ่งขวัญ รังสรรค์สมบัติ, 2555) นอกจากนี้กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม (2553) ได้สำรวจการปนเปื้อนสารหนูในตัวอย่างน้ำและดินในอำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี ในตำบลองค์พระ และตำบลวังคัน ซึ่งเกินมาตรฐานการปนเปื้อนของสารหนูในน้ำและในดิน โดยตำบลองค์พระ ตัวอย่างน้ำผิวดินมีสารหนูอยู่ระหว่าง 56-497 ไมโครกรัม/ลิตร ตัวอย่างดินมีสารหนูอยู่ระหว่าง 22-380 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และตัวอย่างน้ำประปามีสารหนูอยู่ระหว่าง 0.34-754.40 ไมโครกรัม/ลิตร ส่วนตำบลวังคัน พบสารหนูในน้ำผิวดินและน้ำประปาอยู่ระหว่าง 38.30-81.36 40 และ 5.57-141.40 ไมโครกรัม/ลิตร และปนเปื้อนในดิน 5-90 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

การบำบัดสารหนูในน้ำนิยมโดยทั่วไปใช้วิธี การตกตะกอน (Precipitation) การแลกเปลี่ยนของไอออน (Ion exchange) ออกซิเดชัน (Oxidation) รีเวิร์สออสโมซิส (Reverse osmosis) และการดูดซับ (Adsorption) (Agrafioti et al., 2014; Saha and Sarkar , 2012; Ren et al., 2014) ซึ่งวิธีการดูดซับสารหนูจัดเป็นทางเลือกที่ดี เนื่องจากประสิทธิภาพสูง และการดำเนินการการปฏิบัติงาน (Operation) ของระบบก็ง่ายและประหยัดค่าใช้จ่าย โดยตัวดูดซับที่ใช้ส่วนใหญ่ได้แก่ อลูมินาแกมมันต์ (Activated alumina) เหล็กออกไซด์ (Iron oxide) ไทเทเนียมไดออกไซด์ (Titanium oxide) ถ่านกัมมันต์ (Activated carbon) ซีโอไลต์ปรับสภาพ ดินแดง (Laterite) หินฟันม้า (Feldspars) และไบโอชาร์ (Saha and Sarkar, 2012; Baskan and Pala, 2011; Glocheux et al., 2013; Yazdani et al., 2016) Yazdani et al. (2016) ได้ศึกษาพบว่าปริมาณของอลูมิเนียม (Al) ในองค์ประกอบของหินฟันม้า (Feldspars) จากแหล่งที่ต่างกัน มีผลต่อการดูดซับสารหนู (V) ในน้ำ และจากการศึกษาของ Baskan and Pala (2011) พบว่าการปรับสภาพซีโอไลต์ (Zeolite) ด้วย $FeCl_3$ จะเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดสารหนูในน้ำดื่ม Jin et al. (2014) พบว่าการปรับสภาพไบโอชาร์ด้วยโปรแตสเซียมไฮดรอกไซด์จะทำให้ค่าความจุของการดูดซับสารหนูในน้ำเพิ่มขึ้นมากกว่า 1.3 เท่าของการใช้ไบโอชาร์ที่ไม่ผ่านการปรับสภาพ ขณะที่ Glocheux et al. (2013) ได้ศึกษาการกำจัดสารหนูที่ปนเปื้อนในน้ำใต้ดินด้วยดินแดง (Laterite) ที่ปรับสภาพด้วยกรด พบว่าการปรับสภาพด้วยกรดทำให้พื้นที่ผิวตัวดูดซับเพิ่มขึ้นส่งผลให้ประสิทธิภาพการกำจัดสารหนูเพิ่มขึ้น

ดินขาว (Kaolin) และแร่ดินมอนต์มอริลโลไนต์ มีองค์ประกอบของ Al_2O_3 , Fe_2O_3 (Bhattacharyya and Gupta, 2008) อยู่เช่นกันจึงน่าจะสามารถดูดซับสารหนูในน้ำได้ดี อีกทั้งดินขาวและแร่ดินมอนต์มอริลโลไนต์มีจำนวนมากในประเทศไทย โดยดินขาวพบมากในจังหวัด เชียงราย ลำปาง

อุตรดิตถ์ ปราจีนบุรี ระนอง ชุมพร และนราธิวาส ส่วนแร่ดินมอนต์มอริลโลไนต์พบมากในจังหวัด จันทบุรี ปราจีนบุรี เลย อุตรดิตถ์ เชียงราย นครสวรรค์ ลพบุรี กำแพงเพชร สระบุรี ฉะเชิงเทรา และอุดรธานี ราคาของดินขาวประมาณ 2 บาทต่อกิโลกรัม ส่วนแร่มอนต์มอริลโลไนต์ราคาประมาณ 8 บาทต่อกิโลกรัม ดังนั้นการวิจัยนี้จึงสนใจจะปรับสภาพดินขาวและแร่ดินมอนต์มอริลโลไนต์ด้วยวิธีกายภาพร่วมกับวิธีทางเคมีมาใช้บำบัดสารหนูที่ปนเปื้อนในน้ำเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัดสารหนูที่ปนเปื้อนในน้ำ ซึ่งวิธีทางกายภาพใช้วิธีบด (Grinding) ร่วมกับการเผา ส่วนวิธีทางเคมีจะใช้การปรับสภาพด้วยกรด ได้แก่ กรดซัลฟูริก และ กรดไฮโดรคลอริก และปรับสภาพด้วยด่าง ได้แก่ แคลเซียมคลอไรด์และโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ โดยการวิจัยนี้จะมุ่งเน้นศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับสารหนูที่ปนเปื้อนในน้ำด้วยดินขาวและแร่ดินมอนต์มอริลโลไนต์ที่ปรับสภาพด้วยวิธีทางกายภาพร่วมกับเคมี และศึกษาผลของสัดส่วนอลูมิเนียมในองค์ประกอบของตัวดูดซับต่อประสิทธิภาพการดูดซับสารหนูที่ปนเปื้อนในน้ำ เมื่อใช้ดินขาวและแร่ดินมอนต์มอริลโลไนต์ที่ปรับสภาพด้วยวิธีทางกายภาพร่วมกับเคมี ตลอดจนศึกษาศึกษาไอโซเทอมและกลไกการดูดซับของสารหนูที่ปนเปื้อนในน้ำเมื่อใช้ดินขาวและแร่ดินมอนต์มอริลโลไนต์ที่ปรับสภาพด้วยวิธีทางกายภาพร่วมกับเคมี

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับสารหนูที่ปนเปื้อนในน้ำเมื่อใช้ดินขาว และแร่ดินมอนต์มอริลโลไนต์ที่ปรับสภาพด้วยวิธีทางกายภาพร่วมกับเคมีเป็นตัวดูดซับ
2. เพื่อศึกษาผลของสัดส่วนอลูมิเนียมในองค์ประกอบของตัวดูดซับต่อประสิทธิภาพการดูดซับสารหนูที่ปนเปื้อนในน้ำเมื่อใช้ดินขาว และแร่ดินมอนต์มอริลโลไนต์ที่ปรับสภาพด้วยวิธีทางกายภาพร่วมกับเคมีเป็นตัวดูดซับ
3. เพื่อศึกษาไอโซเทอมและกลไกการดูดซับของสารหนูในน้ำเมื่อใช้ดินขาวและแร่ดินมอนต์มอริลโลไนต์ที่ปรับสภาพด้วยวิธีทางกายภาพร่วมกับเคมีเป็นตัวดูดซับ

ขอบเขตของโครงการวิจัย

1. ศึกษาสภาวะเหมาะสมในการดูดซับสารหนูในระบบกะ (Batch) ได้แก่ ผลของความเข้มข้นและชนิดของสารเคมีที่ใช้ปรับสภาพตัวดูดซับ ระยะเวลาการดูดซับ (Contact time) ค่าพีเอช (pH) ปริมาณของตัวดูดซับ (Adsorbent dosage)
2. ศึกษาไอโซเทอมการดูดซับสารหนู ด้วยสมการแลงเมอ์ (Langmuir Isotherm)
3. ศึกษากลไกการดูดซับสารหนู โดยศึกษาการแยกชะสารหนู (Desorption) และ FTIR

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นทางเลือกหนึ่งในการนำดินขาวและแร่ดินมอนต์มอริลโลไนต์ที่ปรับสภาพทางกายภาพร่วมกับเคมีไปบำบัดสารหนู (V) ที่ปนเปื้อนในน้ำ และเป็นการเพิ่มมูลค่าของตัวดูดซับ
2. ได้องค์ความรู้พื้นฐานเพื่อไปประยุกต์ใช้กับปัญหาการปนเปื้อนสารหนูในน้ำผิวดิน บาดาล ตลอดจนน้ำประปา ซึ่งจะเป็นการแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพ ประหยัด และง่ายต่อการดำเนินการ