

**การปนเปื้อนอาร์ซีนิกและคุณภาพน้ำใต้ดินในอำเภอเขมราฐและ
อำเภอโขงเจียม จังหวัดอุบลราชธานี**
**Arsenic Contamination and Groundwater Quality in Amphor
Khammarat and Amphor Khong Chiam, Ubon Ratchathani Province**

ปราณี พัฒนพิพิธไพศาล และ พียาดา สุรารักษ์

ห้องปฏิบัติการไบโอรีแอมดิเอชัน ภาควิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ต.เมืองศรีโค อ.เมือง จ.อุบลราชธานี 34190

*Email: praneesci@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของน้ำใต้ดินในอำเภอเขมราฐและอำเภอโขงเจียม จังหวัดอุบลราชธานี ตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2552 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2553 รวมทั้งสิ้น 40 ตัวอย่าง จากการทดลองพบว่าน้ำใต้ดินในอำเภอเขมราฐ มีคุณสมบัติดังนี้คือ อุณหภูมิอยู่ในช่วง 27.9-30.3 องศาเซลเซียส pH 5.7-6.9 ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity) 707-767 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved oxygen; DO) 2.04-5.12 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณสารทั้งหมดที่ละลายได้ (Total dissolved solids; TDS) 352-384 พีพีเอ็ม น้ำใต้ดินมีคุณสมบัติเป็นน้ำอ่อนถึงน้ำกระด้างมาก ปริมาณคลอไรด์ตั้งแต่ 4.67-1549.33 มิลลิกรัมต่อลิตร (เฉลี่ย 125.31 มิลลิกรัมต่อลิตร) ปริมาณซัลเฟตตั้งแต่ 8.37-235.56 มิลลิกรัมต่อลิตร (เฉลี่ย 108.38 มิลลิกรัมต่อลิตร) ปริมาณไนเตรตตั้งแต่ 0.01-5.97 มิลลิกรัมต่อลิตร (เฉลี่ย 2.42 มิลลิกรัมต่อลิตร) ปริมาณฟอสฟอรัสตั้งแต่ 0-9.17 มิลลิกรัมต่อลิตร (เฉลี่ย 1.91 มิลลิกรัมต่อลิตร) ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนตั้งแต่ 0-0.79 มิลลิกรัมต่อลิตร (เฉลี่ย 0.19 มิลลิกรัมต่อลิตร) ปริมาณอาร์ซีนิกตั้งแต่ 0.5-20.19 ไมโครกรัมต่อลิตรหรือพีพีบี (เฉลี่ย 4.79 ไมโครกรัมต่อลิตร) ปริมาณเหล็กตั้งแต่ 0-5.91 มิลลิกรัมต่อลิตรหรือพีพีเอ็ม (เฉลี่ย 0.85 มิลลิกรัมต่อลิตร) ปริมาณแมงกานีสตั้งแต่ 0-0.64 มิลลิกรัมต่อลิตรหรือพีพีเอ็ม (เฉลี่ย 0.15 มิลลิกรัมต่อลิตร) สำหรับน้ำใต้ดินในอำเภอโขงเจียมมีคุณสมบัติดังนี้คือ อุณหภูมิอยู่ในช่วง 25.9-32.0 องศาเซลเซียส pH 6.7-8.2 ค่าการนำไฟฟ้า 29.1-1278 $\mu\text{S}/\text{cm}$, DO 21.63-4.35 มิลลิกรัมต่อลิตร TDS 14.6-642 พีพีเอ็ม น้ำใต้ดินมีคุณสมบัติเป็นน้ำอ่อนถึงน้ำกระด้าง ปริมาณคลอไรด์ตั้งแต่ 4.0-286.67 มิลลิกรัมต่อลิตร (เฉลี่ย 35.96 มิลลิกรัมต่อลิตร) ปริมาณซัลเฟตตั้งแต่ 16.41-264.32 มิลลิกรัมต่อลิตร (เฉลี่ย 117.57 มิลลิกรัมต่อลิตร) ปริมาณไนเตรตตั้งแต่ 2.55-7.95 มิลลิกรัมต่อลิตร (เฉลี่ย 4.52 มิลลิกรัมต่อลิตร) ปริมาณฟอสฟอรัสตั้งแต่ 0.0-2.49 มิลลิกรัมต่อลิตร (เฉลี่ย 0.99 มิลลิกรัมต่อลิตร) ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนตั้งแต่ 0-0.47 มิลลิกรัมต่อลิตร (เฉลี่ย 0.20 มิลลิกรัมต่อลิตร) ปริมาณอาร์ซีนิกตั้งแต่ 0-8.15 ไมโครกรัมต่อลิตรหรือพีพีบี (เฉลี่ย 2.13 ไมโครกรัมต่อลิตร) ปริมาณเหล็กตั้งแต่ 0-0.64 มิลลิกรัมต่อลิตรหรือพีพีเอ็ม (เฉลี่ย 0.24 มิลลิกรัมต่อลิตร) ปริมาณแมงกานีสตั้งแต่ 0-0.84 มิลลิกรัมต่อลิตรหรือพีพีเอ็ม (เฉลี่ย 0.11 มิลลิกรัมต่อลิตร)

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าดัชนีคุณภาพน้ำของน้ำใต้ดินในอำเภอเขมราฐที่มีค่าเกินกว่าค่ามาตรฐานกำหนดโดยกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม [10] คือ คลอไรด์ ซัลเฟต ฟอสฟอรัส อาร์ซีนิก เหล็กและแมงกานีส และพบว่าน้ำใต้ดินในบางพื้นที่ที่มีปริมาณอาร์ซีนิกเกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดโดยองค์การอนามัยโลก [3] ส่วนดัชนีคุณภาพน้ำของน้ำใต้ดินในอำเภอโขงเจียมที่มีค่าเกินกว่าค่ามาตรฐานกำหนดโดยกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมคือ คลอไรด์ ซัลเฟต อาร์ซีนิก เหล็กและแมงกานีส และไม่พบตัวอย่างน้ำใต้ดินที่มีปริมาณอาร์ซีนิกเกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดโดยองค์การอนามัยโลก ผลการทดลองที่ได้จัดเป็นข้อมูลพื้นฐานที่ทำให้ทราบถึงคุณภาพน้ำใต้ดินและการปนเปื้อนอาร์ซีนิกในชนบทลุ่มแม่น้ำโขงตอนล่าง เขตพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานี จึงควรมีมาตรการในการตรวจสอบ เฝ้าระวังและการพัฒนาเทคโนโลยีในการบำบัดน้ำใต้ดินต่อไป

คำสำคัญ: การปนเปื้อนอาร์ซีนิก คุณภาพน้ำ น้ำใต้ดิน

Abstract

The physical and chemical characteristics of groundwater were investigated in Amphor Khammarat and Amphor Khong Chiam, Ubon Ratchathani Province. Samples were collected from 40 different sampling points between August 2009 and February 2010. It was observed that the temperature of groundwater in Amphor Khammarat was 27.9-30.3°C and pH was 5.7-6.9. The conductivity was 707-767 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Dissolved oxygen was 2.04-5.12 mg L^{-1} and TDS was 352-384 ppm. The samples showed soft to hard water properties. Chloride ranged from 4.67-1549.33 mg L^{-1} (average 125.31 mg L^{-1}). Sulphate ranged from 8.37-235.56 mg L^{-1} (average 108.38 mg L^{-1}). Nitrate ranged from 0.01-5.97 mg L^{-1} (average 2.42 mg L^{-1}). Phosphorus ranged from 0-9.17 mg L^{-1} (average 1.91 mg L^{-1}). Ammonia-nitrogen ranged from 0-0.79 mg L^{-1} (average 0.19 mg L^{-1}). Arsenic ranged from 0.5-20.19 $\mu\text{g L}^{-1}$ (average 4.79 $\mu\text{g L}^{-1}$). Ferric ranged from 0-5.91 mg L^{-1} (average 0.85 mg L^{-1}). Manganese ranged from 0-0.64 mg L^{-1} (average 0.15 mg L^{-1}). The temperature of groundwater in Amphor Khong Chiam was 25.9-32.0°C and pH was 6.7-8.2. The conductivity was 29.1-1278 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Dissolved oxygen was 21.63-4.35 mg L^{-1} and TDS was 14.6-642 ppm. The samples showed soft to hard water properties. Chloride ranged from 4.0-286.67 mg L^{-1} (average 35.96 mg L^{-1}). Sulphate ranged from 16.41-264.32 mg L^{-1} (average 117.57 mg L^{-1}). Nitrate ranged from 2.55-7.95 mg L^{-1} (average 4.52 mg L^{-1}). Phosphorus ranged from 0.0-2.49 mg L^{-1} (average 0.99 mg L^{-1}). Ammonia-nitrogen ranged from 0-0.47 mg L^{-1} (average 0.20 mg L^{-1}). Arsenic ranged from 0-8.15 $\mu\text{g L}^{-1}$ (average 2.13 $\mu\text{g L}^{-1}$). Ferric ranged from 0-0.64 mg L^{-1} (average 0.24 mg L^{-1}). Manganese ranged from 0-0.84 mg L^{-1} (average 0.11 mg L^{-1}). The results indicated that the quality index of groundwater in Khammarat was higher than the standard values recommended by the Ministry of Natural Resources and Environment (2551) for chloride, sulphate, phosphorus, arsenic, ferric and manganese. In some area, arsenic was higher than the WHO standard value (1993). The quality index of groundwater in Khong Chiam was also higher than the standard values recommended by the Ministry of Natural Resources and Environment in chloride, sulphate, arsenic, ferric and manganese. However, arsenic was lower than the WHO standard value. The study provided basic information about the quality of groundwater and the arsenic contamination in the rural Mekong Basin of Ubon Ratchathani Province. Regular monitoring of groundwater quality, surveillance practices, and introduction of modern techniques are recommended.

Keywords Arsenic contamination, water quality, groundwater

บทนำ

อาร์ซีนิก จัดเป็นธาตุหนึ่งที่สำคัญในการก่อให้เกิดปัญหามลพิษในน้ำใต้ดินและน้ำดื่มทั่วโลก โดยเฉพาะในแถบลุ่มแม่น้ำเบงกอล ประเทศปากีสถานและอินเดีย เป็นตัวอย่างหนึ่งที่สำคัญเพราะประชากรประมาณสามสิบล้านคนบริโภคน้ำใต้ดินที่มีการปนเปื้อนของอาร์ซีนิกเป็นเวลานาน 20-30 ปี และพบว่าประชากรหนึ่งล้านคนป่วยเนื่องจากความเป็นพิษเรื้อรังของอาร์ซีนิก นอกจากนี้ยังพบการปนเปื้อนตามธรรมชาติของอาร์ซีนิกในน้ำใต้ดินของประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น เวียดนาม ไทย กัมพูชาและพม่า [1] โดยอาร์ซีนิกที่ระดับความเข้มข้น 50 ไมโครกรัมต่อลิตร จะก่อให้เกิดปัญหาต่อสุขภาพของ

มนุษย์หลังการสะสมในร่างกาย 10-15 ปี [2] ซึ่งอาการความเป็นพิษเรื้อรังเนื่องจากอาร์ซีนิกหรือโรคพิษอาร์ซีนิกเรื้อรังหรืออาร์ซีนิกโคซิส (Arsenicosis) จะรุนแรงแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับเวลาการได้รับสารและการสะสมในร่างกาย อาการของโรคนี้เริ่มตั้งแต่ลักษณะผิวหนังเป็นผื่นแดงและคันเกิดเม็ดตุ่มแล้วมีอาการคล้ายโรคหิด ตกสะเก็ด ผิวหนังจะลอกและมีสีคล้ำ มีอาการมะเร็งผิวหนัง อาการที่มีผลต่อระบบหลอดเลือดหัวใจ ระบบประสาท ปอด ไตและมะเร็งกระเพาะปัสสาวะ [1]

จากความรุนแรงของโรคพิษอาร์ซีนิกเรื้อรัง สถาบันและคณะกรรมการที่เกี่ยวข้อง จึงได้ปรับลดค่ามาตรฐานของการปนเปื้อนอาร์ซีนิกในน้ำดื่มลง ตัวอย่างเช่น WHO

[3] ได้กำหนดค่ามาตรฐานของการปนเปื้อนอาร์ซินิคในน้ำดื่มจากเดิมที่กำหนดไว้เท่ากับ 50 ไมโครกรัมต่อลิตรเป็น 10 ไมโครกรัมต่อลิตรเนื่องจากตระหนักถึงความเป็นพิษของอาร์ซินิค โดยเฉพาะคุณสมบัติในการเป็นสารก่อมะเร็งและความสามารถในการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณ สำหรับคณะกรรมการภาคพื้นยุโรป (Europe Committee) ได้กำหนดค่ามาตรฐานต่ำสุดของอาร์ซินิคในน้ำดื่มลดลงเหลือ 10 ไมโครกรัมต่อลิตรเช่นเดียวกับ US-EPA และประเทศญี่ปุ่น ในขณะที่ประเทศแคนาดาได้กำหนดค่ามาตรฐานของการปนเปื้อนอาร์ซินิคในน้ำดื่มสูงสุดเท่ากับ 25 ไมโครกรัมต่อลิตร จะเห็นได้ว่าหลายประเทศได้พยายามลดค่ามาตรฐานลงให้เท่ากับ WHO แต่ในบางประเทศ โดยเฉพาะประเทศกำลังพัฒนา ยังคงกำหนดค่ามาตรฐานไว้ที่ 50 ไมโครกรัมต่อลิตร [4] เช่นประเทศไทย ได้กำหนดค่ามาตรฐานของการปนเปื้อนอาร์ซินิคในผลิตภัณฑ์น้ำดื่ม น้ำดื่มบรรจุขวดและน้ำบาดาลที่ใช้บริโภค เท่ากับ 50 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 332 (พ.ศ. 2521) ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 เรื่องกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรม น้ำบริโภค ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 95 ตอนที่ 68 ลงวันที่ 4 กรกฎาคม 2521 และประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2542) ออกตามความในพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. 2520 เรื่อง กำหนดหลักเกณฑ์และมาตรการในทางวิชาการสำหรับการป้องกันด้านสาธารณสุขและป้องกันสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษาเล่ม 112 ตอนที่ 29 ลงวันที่ 13 เมษายน 2542 [5]

สำหรับแหล่งน้ำดื่มในประเทศไทยส่วนใหญ่ใช้แหล่งน้ำผิวดิน และมีระบบการประปาที่ทันสมัย ทำให้น้ำประปาที่ได้ปลอดภัยจากเชื้อโรค อย่างไรก็ตามในพื้นที่ชนบท ยังมีปัญหาการขาดแคลนน้ำดื่มที่สะอาด ดังนั้นในปี 2548 รัฐบาลมีนโยบายให้กรมทรัพยากรน้ำบาดาล กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมร่วมกับกระทรวงอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ดำเนินการให้มีระบบประปาหมู่บ้านให้แก่หมู่บ้านที่ขาดแคลนน้ำกินน้ำใช้ที่สะอาด โดยการพัฒนาแหล่งน้ำ ด้วยการเจาะบ่อน้ำบาดาล และทำจุดจ่ายน้ำในหมู่บ้านที่ยังไม่มีระบบประปาและแหล่งน้ำผิวดิน [6] ดังนั้นในอนาคตประชากรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ขาดแคลนน้ำดื่มที่สะอาด จะมีบ่อน้ำบาดาลซึ่งขุดเจาะเพื่อ

นำน้ำใต้ดินมาบริโภค เช่นเดียวกับประชากรในประเทศกัมพูชาและเวียดนาม

อย่างไรก็ตามในปัจจุบันพบว่า นอกจากอาร์ซินิคจะไม่ได้เป็นสารหลักหรือสารที่ตรวจเป็นประจำทุกวันในการตรวจวิเคราะห์น้ำดื่มในสถาบันระดับชาติของรัฐบาล เอกชนหรือองค์กรอิสระ (เช่น NGOs) แล้ว ยังพบว่าข้อมูลเกี่ยวกับการแพร่กระจายของอาร์ซินิคในแหล่งน้ำดื่ม ยังมีน้อยและไม่เป็นที่รู้จัก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาค้นคว้าข้อมูลการปนเปื้อนของอาร์ซินิคและคุณภาพน้ำใต้ดินบริเวณลุ่มแม่น้ำโขงตอนล่าง ในเขตอำเภอเขมราฐและอำเภอโขงเจียม จังหวัดอุบลราชธานี อันจะเป็นประโยชน์ในการเตรียมการด้านสุขภาพอนามัยของชุมชน รวมทั้งเป็นข้อมูลพื้นฐานในการค้นคว้าวิจัยเพื่อการบำบัดน้ำใต้ดินให้ปราศจากอาร์ซินิคก่อนการบริโภคต่อไป

วิธีการทดลอง

1. การเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน (Sample collection)

เก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินจากบ่อน้ำบาดาลในเขตชนบท ลุ่มน้ำแม่โขง อำเภอเขมราฐ และอำเภอโขงเจียม จังหวัดอุบลราชธานี โดยการสูบน้ำจากบ่อโดยใช้คันโยกหรือใช้ไฟฟ้า หลังจากนั้นสับน้ำที่จึงทำการเก็บตัวอย่างน้ำเมื่อปริมาณออกซิเจนอยู่ในระดับคงตัว ทำการวัดค่าออกซิเจนละลายน้ำ pH และค่าการนำไฟฟ้า (conductivity) ด้วยเครื่องมือภาคสนาม น้ำตัวอย่างนำมากรองผ่านเยื่อกรอง (0.45 ไมโครเมตร) และบรรจุลงในขวดโพลีโพรพิลีน (polypropylene bottle) เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสก่อนการวิเคราะห์

2. การตรวจวิเคราะห์ทางเคมี (Chemical Analysis)

วิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมีตามวิธีการมาตรฐาน Standard methods for examination of water and wastewater [7] ได้แก่ ความกระด้างของน้ำ คลอไรด์ ไนเตรท-ไนโตรเจน ซัลเฟต แอมโมเนีย ไนโตรเจน (NH₃-N) ฟอสฟอรัส อาร์ซินิค เหล็กและแมงกานีส

ผลการทดลอง

การเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินจากบ่อน้ำบาดาลภายในอำเภอเขมราฐและอำเภอโขงเจียม จังหวัดอุบลราชธานีในเขตตำบลต่างๆ ตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2552 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2553 รวมทั้งสิ้น 40 ตัวอย่าง เมื่อนำมาศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีจำนวน 5 พารามิเตอร์ คือ อุณหภูมิ pH ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity) ค่า

ออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved oxygen; DO) และ ปริมาณสารทั้งหมดที่ละลายได้ (Total dissolved solids; TDS) ผลการวิเคราะห์น้ำใต้ดิน อำเภอเขมราฐ พบว่า อุณหภูมิอยู่ในช่วง 27.9-30.3 องศาเซลเซียส pH 5.7-6.9 ค่าการนำไฟฟ้า 707-767 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ค่า DO 2.04-5.12 มิลลิกรัมต่อลิตร TDS 352-384 พีพีเอ็ม ดังแสดงในตารางที่ 1 สำหรับผลการวิเคราะห์น้ำใต้ดิน อำเภอโขงเจียม พบว่าอุณหภูมิอยู่ในช่วง 25.9-32.0 องศาเซลเซียส pH 6.7-8.2 ค่าการนำไฟฟ้า 29.1-1278 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ค่า DO 21.63-4.35 มิลลิกรัมต่อลิตร TDS 14.6-642 พีพีเอ็ม ดังแสดงในตารางที่ 2 สำหรับการศึกษาคุณสมบัติทางเคมี จำนวน 9 พารามิเตอร์ของตัวอย่างน้ำใต้ดินของทั้งสอง อำเภอ ได้ผลการทดลองดังนี้

1. ความกระด้างของน้ำ

ผลการตรวจวิเคราะห์ความกระด้างของน้ำใต้ดิน อำเภอเขมราฐ พบว่าปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต มีค่าตั้งแต่ 53.33-455.33 มิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต (เฉลี่ย 245.55 มิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต) สำหรับน้ำใต้ดินที่มีความกระด้างของน้ำเกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดคือไม่เกินกว่า 300 มิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต (เกณฑ์อนุโลมสูงสุดเท่ากับ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร¹) [10] คือ ตัวอย่างน้ำที่ 21, 12, 17-18 และ 20 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 455.33, 451.33, 310.65, 308.67 และ 306.67 มิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต ตามลำดับ ซึ่งน้ำใต้ดินทั้งห้าตัวอย่างนี้ มีคุณสมบัติเป็นน้ำกระด้างมาก น้ำใต้ดินที่มีคุณสมบัติเป็นน้ำกระด้าง จำนวน 13 ตัวอย่าง (ตัวอย่างที่ 1, 3-5, 7-8, 10-11, 13-16 และ 19) น้ำใต้ดินที่มีคุณสมบัติเป็นน้ำก่อนข้างกระด้าง จำนวน 1 ตัวอย่าง (ตัวอย่างที่ 2) น้ำใต้ดินที่มีคุณสมบัติเป็นน้ำอ่อน จำนวน 1 ตัวอย่าง สำหรับความกระด้างของน้ำใต้ดิน อำเภอโขงเจียม พบว่าปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต มีค่าตั้งแต่ 0-202.67 มิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต (เฉลี่ย 74.54 มิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต) จึงไม่มีน้ำใต้ดินที่มีความ

กระด้างของน้ำเกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนด ซึ่งน้ำใต้ดินทั้ง 20 ตัวอย่างนี้ มีคุณสมบัติเป็นน้ำกระด้าง จำนวน 4 ตัวอย่าง (ตัวอย่างที่ 14, และ 17-19) น้ำใต้ดินที่มีคุณสมบัติเป็นน้ำก่อนข้างกระด้าง จำนวน 6 ตัวอย่าง (ตัวอย่างที่ 2, 5-6, 15-16 และ 20) น้ำใต้ดินที่มีคุณสมบัติเป็นน้ำอ่อน มีจำนวน 10 ตัวอย่าง (ตัวอย่างที่ 1, 3- 4, 7- 13)

น้ำอ่อนจะมีฤทธิ์กัดกร่อน ส่วนน้ำความกระด้าง จะมีผลทำให้ไม่เกิดฟอง ทำให้สิ้นเปลืองสบู่ในการชำระล้าง โดยปกติในน้ำประปาจะยอมให้ความกระด้างสุดท้ายอยู่ในช่วง 70 ถึง 120 mg L^{-1} as CaCO_3 เพื่อป้องกันการกัดกร่อนในเส้นท่อและเพื่อประโยชน์ในการซักล้าง แต่สำหรับอุตสาหกรรมที่มีหม้อต้ม อาจจะต้องมีการกำจัดให้เหลือความกระด้างลดลง เพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงเชื้อเพลิงและการระเบิดเมื่อมีการดูดตัน [8] สำหรับการกำจัดความกระด้างสามารถทำได้โดยใช้ปูนขาว-เถ้าโซดา (โซดาซักผ้า) (Lime-soda ash softening) หรือใช้วิธีการแลกเปลี่ยนไอออน (Ion Exchange) [9]

2. ปริมาณคลอไรด์

ผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณคลอไรด์ในน้ำใต้ดิน อำเภอเขมราฐ พบว่ามีปริมาณคลอไรด์ตั้งแต่ 4.67-1549.33 มิลลิกรัมต่อลิตร (เฉลี่ย 125.31 มิลลิกรัมต่อลิตร) สำหรับน้ำใต้ดินที่มีปริมาณคลอไรด์เกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดให้ไม่เกินกว่า 250 มิลลิกรัมต่อลิตร (เกณฑ์อนุโลมสูงสุดเท่ากับ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร) [10] คือ ตัวอย่างที่ 12 และ 21 เท่ากับ 1549.33 และ 339.22 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และน้ำใต้ดินทั้งสองตัวอย่างนี้ มีคุณสมบัติเป็นน้ำกระด้างมาก ซึ่งถ้ามีปริมาณคลอไรด์ เกินกว่า 250 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำจะมีรสกร่อยและจะมีความกระด้างมาก [9] สำหรับน้ำใต้ดิน อำเภอโขงเจียม พบว่ามีปริมาณคลอไรด์ตั้งแต่ 4.0-286.67 มิลลิกรัมต่อลิตร (เฉลี่ย 35.96 มิลลิกรัมต่อลิตรน้ำใต้ดินที่มีปริมาณคลอไรด์เกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนด คือตัวอย่างที่ 18 เท่ากับ 286.67 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นน้ำกระด้าง

3. ปริมาณซัลเฟต

ผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟตในน้ำใต้ดิน อำเภอเขมราฐ พบว่ามีปริมาณซัลเฟตตั้งแต่ 8.37-235.56 มิลลิกรัมต่อลิตร (เฉลี่ย 108.38 มิลลิกรัมต่อลิตร) น้ำใต้ดินที่มีปริมาณซัลเฟตเกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไม่เกินกว่า 200 มิลลิกรัมต่อลิตร (เกณฑ์อนุโลมสูงสุดเท่ากับ 250 มิลลิกรัมต่อลิตร) [10] คือ ตัวอย่างที่ 15 และ

¹ เกณฑ์ที่อนุโลมให้สูงสุดเป็นเกณฑ์ที่อนุญาตให้สำหรับน้ำประปาหรือน้ำบาดาลที่มีความจำเป็นต้องใช้บริโภคเป็นการชั่วคราวและน้ำที่มีคุณลักษณะอยู่ในระหว่างเกณฑ์กำหนดสูงสุด กับเกณฑ์อนุโลมสูงสุดนั้นไม่ใช่น้ำที่ให้เครื่องหมายมาตรฐานได้

16 เท่ากับ 235.56 และ 231.24 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ สำหรับน้ำใต้ดิน อำเภอโขงเจียม พบว่า มีปริมาณซัลเฟตตั้งแต่ 16.41-264.32 มิลลิกรัมต่อลิตร (เฉลี่ย 117.57 มิลลิกรัมต่อลิตร) น้ำใต้ดินที่มีปริมาณซัลเฟตเกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนด คือ ตัวอย่างที่ 13, 15, 14, 12, 11 และ 20 เท่ากับ 264.32, 259.98, 257.15, 255.87, 251.65 และ 240.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

4. ปริมาณไนเตรท

ผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในน้ำใต้ดิน อำเภอเขมราฐ พบว่ามีปริมาณไนเตรทตั้งแต่ 0.01-5.97 มิลลิกรัมต่อลิตร (เฉลี่ย 2.42 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีตัวอย่างน้ำใต้ดินที่มีปริมาณไนเตรทเกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไม่เกินกว่า 45 มิลลิกรัมต่อลิตร (เกณฑ์อนุโลมสูงสุดเท่ากับ 45 มิลลิกรัมต่อลิตร) [10] สำหรับน้ำใต้ดิน อำเภอโขงเจียม พบว่า มีปริมาณ ไนเตรทตั้งแต่ 2.55-7.95 มิลลิกรัมต่อลิตร (เฉลี่ย 4.52 มิลลิกรัมต่อลิตร) จึงไม่มีน้ำใต้ดินที่มีปริมาณไนเตรทเกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนด

5. ปริมาณฟอสฟอรัส

สำหรับฟอสฟอรัส ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม [10] กำหนดค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้บริโภค ไม่ได้กำหนดไว้ แต่สำหรับลักษณะน้ำเสียชุมชน กำหนดให้มีฟอสฟอรัสที่ระดับความเข้มข้นน้อยกว่า 4.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ระดับความเข้มข้นปานกลางเท่ากับ 8.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ระดับความเข้มข้นสูงเท่ากับ 15.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

ผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำใต้ดิน อำเภอเขมราฐ พบว่ามีปริมาณฟอสฟอรัสตั้งแต่ 0.9-1.17 มิลลิกรัมต่อลิตร (เฉลี่ย 1.91 มิลลิกรัมต่อลิตร) น้ำใต้ดินที่มีปริมาณฟอสฟอรัสเกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดสำหรับน้ำเสียชุมชนในระดับความเข้มข้นน้อยกว่า 4.0 มิลลิกรัมต่อลิตร [10] คือ ตัวอย่างที่ 13, 14, 2 และ 16 เท่ากับ 9.17, 7.37, 7.35 และ 4.20 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ สำหรับน้ำใต้ดิน อำเภอโขงเจียม พบว่ามีปริมาณฟอสฟอรัสตั้งแต่ 0.0-2.49 มิลลิกรัมต่อลิตร (เฉลี่ย 0.99 มิลลิกรัมต่อลิตร) จึงไม่มีตัวอย่างน้ำใต้ดินที่มีปริมาณไนเตรทเกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดสำหรับน้ำเสียชุมชน

6. ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน

ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม [10] กำหนดค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้บริโภคสำหรับแอมโมเนีย-ไนโตรเจนไม่ได้กำหนดไว้ แต่สำหรับลักษณะน้ำเสียชุมชน กำหนดให้มีแอมโมเนีย-

ไนโตรเจนที่ระดับความเข้มข้นน้อยกว่า 12.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ระดับความเข้มข้นปานกลางเท่ากับ 25.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ระดับความเข้มข้นสูงเท่ากับ 50.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในน้ำใต้ดิน อำเภอเขมราฐ พบว่า มีปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนตั้งแต่ 0-0.79 มิลลิกรัมต่อลิตร (เฉลี่ย 0.19 มิลลิกรัมต่อลิตร) จึงไม่มีน้ำใต้ดินที่มีปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนเกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดสำหรับน้ำเสียชุมชน สำหรับน้ำใต้ดิน อำเภอโขงเจียม พบว่ามีปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนตั้งแต่ 0-0.47 มิลลิกรัมต่อลิตร (เฉลี่ย 0.20 มิลลิกรัมต่อลิตร) จึงไม่มีน้ำใต้ดินที่มีปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนเกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดสำหรับน้ำเสียชุมชน

7. ปริมาณอาร์ซินิค

ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม [10] กำหนดค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้บริโภคสำหรับอาร์ซินิค ต้องไม่มีเลย (เกณฑ์อนุโลมสูงสุดเท่ากับ 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตรหรือ 50 พีพีบี) องค์การ WHO [3] ได้กำหนดค่ามาตรฐานของการปนเปื้อนอาร์ซินิคในน้ำดื่มจากเดิมที่กำหนดไว้เท่ากับ 50 ไมโครกรัมต่อลิตรหรือพีพีบีเป็น 10 ไมโครกรัมต่อลิตรหรือพีพีบี

ผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณอาร์ซินิคในน้ำใต้ดิน อำเภอเขมราฐ พบว่ามีปริมาณอาร์ซินิคตั้งแต่ 0.5-20.19 ไมโครกรัมต่อลิตรหรือพีพีบี (เฉลี่ย 4.79 ไมโครกรัมต่อลิตร) ดังนั้นน้ำใต้ดินทุกตัวอย่างจึงมีปริมาณอาร์ซินิคเกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดโดยกระทรวงสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับมาตรฐาน WHO พบว่าน้ำใต้ดินที่มีปริมาณอาร์ซินิคเกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดโดยองค์การอนามัยโลก คือ ตัวอย่างที่ 16, 20 และ 19 เท่ากับ 20.19, 15.29 และ 10.62 ไมโครกรัมต่อลิตรหรือพีพีบี ตามลำดับ สำหรับน้ำใต้ดิน อำเภอโขงเจียม พบว่ามีปริมาณอาร์ซินิคตั้งแต่ 0-8.15 ไมโครกรัมต่อลิตรหรือพีพีบี (เฉลี่ย 2.13 ไมโครกรัมต่อลิตร) ดังนั้นน้ำใต้ดินที่มีปริมาณอาร์ซินิคตามค่ามาตรฐานที่กำหนดโดยกระทรวงสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม จำนวน 3 ตัวอย่าง คือ ตัวอย่างที่ 4, 12 และ 13 ส่วนตัวอย่างที่เหลือจำนวน 17 ตัวอย่าง มีปริมาณอาร์ซินิคเกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดโดยกระทรวงสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตามตัวอย่างน้ำใต้ดินทั้ง 20 ตัวอย่าง มีปริมาณอาร์ซินิคไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดโดยองค์การอนามัยโลก

จากผลการศึกษาอาจเป็นไปได้ว่าปัญหาการปนเปื้อนของอาร์ซินิคในแหล่งน้ำ น่าจะมีสาเหตุจากการรับอาร์ซินิคจากแหล่งธรรมชาติและการละลายของอาร์ซินิคที่จับกับเหล็กในตะกอนดินที่อยู่ในแหล่งน้ำใต้ดินนั้น Buschmann และคณะ [11] รายงานว่าการปนเปื้อนของอาร์ซินิคในน้ำใต้ดิน อาจมีสาเหตุจากการละลายของโลหะออกไซด์ บริเวณพื้นที่ที่มีปริมาณอาร์ซินิคมากหรือน้อย จะเกี่ยวข้องกับบริเวณลักษณะภูมิประเทศที่เป็นที่ราบต่ำ อย่างไรก็ตาม ปริมาณการปนเปื้อนของอาร์ซินิคในน้ำใต้ดินในเขตอำเภอเขมราฐและอำเภอโขงเจียม ยังมีค่าน้อยกว่าการปนเปื้อนของอาร์ซินิคในน้ำใต้ดินในอำเภอร่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราชเมื่อปี 2530 โดยค่าที่ตรวจวัดได้เกินค่ามาตรฐานน้ำใต้ดินที่ใช้บริโภคที่กำหนด (50 ไมโครกรัมต่อลิตร) ทำให้ราษฎรที่อาศัยอยู่ในบริเวณดังกล่าวที่ใช้น้ำใต้ดินที่มีการปนเปื้อนของอาร์ซินิคมีอาการตุ่มคันขึ้นตามฝ่ามือ ฝ่าเท้า ผิวน้ำมีสีคล้ำผิดปกติ ซึ่งเป็นอาการของโรคเมะเร็งผิวหนัง [12] นอกจากนี้ Buschmann และคณะ [11] ได้รายงานเพิ่มเติมว่าน้ำใต้ดินจำนวน 131 ตัวอย่าง จากเขตอำเภอตามลุ่มแม่น้ำโขง ประเทศกัมพูชามีปริมาณอาร์ซินิคปนเปื้อนอยู่ในช่วง 1-1,340 ไมโครกรัมต่อลิตร (เฉลี่ย 163 ไมโครกรัมต่อลิตร) และพบว่า 48 เปอร์เซ็นต์ของตัวอย่าง มีปริมาณอาร์ซินิคมากกว่า 10 ไมโครกรัมต่อลิตร และจากการศึกษาของ Berg และคณะ [1] รายงานว่าในเขตลุ่มแม่น้ำโขงตอนล่าง ประเทศกัมพูชามีปริมาณอาร์ซินิคปนเปื้อนในน้ำใต้ดินอยู่ในช่วง 1-1610 ไมโครกรัมต่อลิตร (เฉลี่ย 217 ไมโครกรัมต่อลิตร) ในขณะที่ปริมาณอาร์ซินิคในน้ำใต้ดินของประเทศเวียดนามตอนใต้ อยู่ในช่วง 1-845 ไมโครกรัมต่อลิตร (เฉลี่ย 39 ไมโครกรัมต่อลิตร) สำหรับในเขตลุ่มแม่น้ำแดง น้ำใต้ดินมีปริมาณอาร์ซินิคปนเปื้อนอยู่ในช่วง 1-3050 ไมโครกรัมต่อลิตร (เฉลี่ย 159 ไมโครกรัมต่อลิตร)

8. ปริมาณเหล็ก

ผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณเหล็กในน้ำใต้ดินอำเภอเขมราฐพบว่ามีปริมาณเหล็กตั้งแต่ 0-5.91 มิลลิกรัมต่อลิตรหรือพีพีเอ็ม (เฉลี่ย 0.85 มิลลิกรัมต่อลิตร) น้ำใต้ดินที่มีปริมาณเหล็กเกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไม่เกินกว่า 0.50 มิลลิกรัมต่อลิตรหรือพีพีเอ็ม (เกณฑ์อนุโลมสูงสุดเท่ากับ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตรหรือ พีพีเอ็ม) [10] คือ ตัวอย่างน้ำที่ 9, 8, 16, 12, 20, 19 และ 21 เท่ากับ 5.91, 3.60, 2.26, 1.49, 1.39, 0.84 และ 0.63 มิลลิกรัมต่อลิตรหรือพีพีเอ็ม ตามลำดับ สำหรับน้ำใต้ดิน อำเภอโขงเจียมพบว่ามีปริมาณเหล็กตั้งแต่ 0-0.64 มิลลิกรัมต่อลิตรหรือพีพีเอ็ม (เฉลี่ย 0.24 มิลลิกรัมต่อลิตร) น้ำใต้ดินที่มีปริมาณเหล็กเกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนด คือ ตัวอย่างที่ 11, 12, 9, 14 และ 15 เท่ากับ 1.36, 1.01, 0.67, 0.62 และ 0.58 มิลลิกรัมต่อลิตรหรือพีพีเอ็ม ตามลำดับ

9. ปริมาณแมงกานีส

ผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณแมงกานีสในน้ำใต้ดิน อำเภอเขมราฐ พบว่ามีปริมาณแมงกานีสตั้งแต่ 0-0.64 มิลลิกรัมต่อลิตรหรือพีพีเอ็ม (เฉลี่ย 0.15 มิลลิกรัมต่อลิตร) น้ำใต้ดินที่มีปริมาณแมงกานีสเกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไม่เกินกว่า 0.30 มิลลิกรัมต่อลิตรหรือพีพีเอ็ม (เกณฑ์อนุโลมสูงสุดเท่ากับ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตรหรือพีพีเอ็ม) [10] คือ ตัวอย่างที่ 14, 16, 21, 13 และ 4 เท่ากับ 0.64, 0.54, 0.50, 0.38 และ 0.31 มิลลิกรัมต่อลิตรหรือพีพีเอ็ม ตามลำดับ สำหรับน้ำใต้ดิน อำเภอโขงเจียม พบว่ามีปริมาณแมงกานีสตั้งแต่ 0-0.84 มิลลิกรัมต่อลิตรหรือพีพีเอ็ม (เฉลี่ย 0.11 มิลลิกรัมต่อลิตร) น้ำใต้ดินที่มีปริมาณแมงกานีสเกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนด คือ ตัวอย่างที่ 3 และ 11 เท่ากับ 0.84 และ 0.64 มิลลิกรัมต่อลิตรหรือพีพีเอ็ม ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ความเข้มข้นของสารต่างๆ ของน้ำใต้ดิน อ. เขมราฐ จ. อุบลราชธานี

Sample no.	Water Hardness (mg L ⁻¹ CaCO ₃)	Chloride (mg L ⁻¹ Cl)	Sulfate (mg/SO ₄ ²⁻)	Nitrate (mg L ⁻¹)	Phosphorus (mg L ⁻¹ PO ₄ ³⁻)	Ammonia (NH ₃ -N mg L ⁻¹)	Arsenic (ppb)	Ferric (ppm)	Manganese (ppm)
1	155.00	30.25	NA	1.40	0.00	NA	2.93	0.08	0.06
2	102.00	43.30	89.50	0.50	7.35	0.00	3.30	0.00	0.04
3	196.67	8.00	93.91	0.01	0.81	0.05	0.70	0.00	0.27
4	234.67	4.67	72.17	0.27	0.78	0.09	1.10	0.00	0.31
5	230.00	10.00	141.74	1.81	1.96	0.14	0.50	0.12	0.03
7	252.67	17.33	73.76	0.10	0.05	0.19	2.85	0.00	0.00
8	272.67	28.00	133.70	0.36	0.18	0.47	3.48	3.60	0.00
9	53.33	19.33	93.33	0.48	3.47	0.33	1.36	5.91	0.29
10	163.33	19.33	93.79	4.05	0.00	0.65	1.01	0.36	0.00
11	234.00	29.33	144.13	4.79	0.21	0.79	1.35	0.00	0.00
12	451.33	1549.33	107.78	5.97	1.35	0.05	1.35	1.49	0.00
13	226.67	14.67	106.54	1.25	9.17	0.09	3.08	0.14	0.38
14	228.00	248.00	191.73	0.97	7.37	0.00	6.05	0.25	0.64
15	202.67	18.67	235.56	3.54	1.16	0.19	4.70	0.00	0.00
16	244.67	44.67	231.24	1.77	4.20	0.33	20.19	2.26	0.54
17	310.67	15.33	8.37	3.08	0.00	0.05	5.49	0.00	0.00
18	308.67	16.00	24.44	4.96	0.00	0.00	4.60	0.00	0.00
19	282.00	14.00	16.41	5.54	0.00	0.09	10.62	0.84	0.00
20	306.67	36.73	30.12	4.39	0.00	0.05	15.29	1.39	0.00
21	455.33	339.33	171.02	3.13	0.18	0.05	5.86	0.63	0.50

หมายเหตุ ภาชนะบรรจุตัวอย่างหมายเลข 6 เกิดการชำรุดเสียหาย, NA = Not analysis

ตารางที่ 2 ความเข้มข้นของสารต่างๆ ของน้ำใต้ดิน อ. โขงเจียม จ. อุบลราชธานี

Sample no.	Water Hardness (mg L ⁻¹ CaCO ₃)	Chloride (mg L ⁻¹ Cl)	Sulfate (mg/SO ₄ ²⁻)	Nitrate (mg L ⁻¹)	Phosphorus (mg L ⁻¹ PO ₄ ³⁻)	Ammonia (NH ₃ -N mg L ⁻¹)	Arsenic (ppb)	Ferric (ppm)	Manganese (ppm)
1	52.67	4.00	87.15	6.70	1.54	0.05	0.20	0.00	0.02
2	84.00	16.00	56.71	4.56	2.49	0.19	2.70	0.00	0.09
3	6.67	27.30	107.44	5.12	0.36	0.14	4.10	0.09	0.84
4	0.00	9.30	110.82	4.22	2.12	0.05	0.00	0.04	0.25
5	82.00	8.67	79.90	5.06	0.48	0.19	4.40	0.00	0.20
6	126.67	30.66	50.25	3.35	0.27	0.05	0.32	0.00	0.02
7	32.67	26.00	31.66	2.70	0.24	0.42	0.21	0.00	0.00
8	0.00	20.00	80.64	2.61	0.00	0.42	1.88	0.00	0.00
9	6.00	39.33	18.05	2.87	0.00	0.37	0.13	0.67	0.00
10	4.67	18.66	23.95	3.63	0.00	0.19	0.60	0.00	0.00
11	8.67	41.33	251.65	7.95	0.99	0.37	0.17	1.36	0.64
12	3.33	8.00	255.87	3.58	1.58	0.33	0.00	1.01	0.00
13	6.67	16.67	264.32	2.55	1.35	0.47	0.00	0.38	0.00
14	172.67	12.67	257.15	4.17	2.30	0.33	2.55	0.62	0.00
15	119.33	14.00	259.98	6.93	1.16	0.23	1.92	0.58	0.00
16	75.33	36.67	68.42	4.78	1.72	0.05	1.04	0.08	0.04
17	184.67	17.33	36.74	4.95	2.18	0.09	8.15	0.00	0.00
18	202.67	286.67	54.23	3.68	0.00	0.05	4.03	0.00	0.06
19	200.00	50.67	16.41	4.85	0.93	0.00	3.52	0.00	0.00
20	122.00	35.33	240.05	6.09	0.00	0.09	6.59	0.00	0.00

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาคุณภาพน้ำใต้ดินและการสถานภาพการปนเปื้อนของอาร์ซีนิกในน้ำใต้ดิน เขตชนบทลุ่มแม่น้ำโขงตอนล่าง จังหวัดอุบลราชธานี สรุปได้ว่าน้ำใต้ดินในเขตอำเภอเขมราฐ มีความกระด้างของน้ำ อยู่ในระดับน้ำอ่อนถึงน้ำกระด้างมาก และในบางพื้นที่ น้ำใต้ดินแสดงดัชนีคุณภาพน้ำเกินกว่าค่ามาตรฐานกำหนดโดยกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมคือ คลอไรด์ ซัลเฟต ฟอสฟอรัส อาร์ซีนิก เหล็กและแมงกานีส และพบว่าน้ำใต้ดินในบางพื้นที่มีปริมาณอาร์ซีนิกเกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดโดยองค์การอนามัยโลก สำหรับน้ำใต้ดินในเขตอำเภอโขงเจียม มีความกระด้างของน้ำ อยู่ในระดับน้ำอ่อนถึงน้ำกระด้าง และในบางพื้นที่ น้ำใต้ดินแสดงดัชนีคุณภาพน้ำเกินกว่าค่ามาตรฐานกำหนดกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คือ คลอไรด์ ซัลเฟต อาร์ซีนิก เหล็กและแมงกานีส และพบว่าน้ำใต้ดินมีปริมาณอาร์ซีนิกไม่เกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดโดยองค์การอนามัยโลก ดังนั้นจากการผลการทดลองที่ได้ คณะผู้วิจัยจึงมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. ส่วนราชการที่เกี่ยวข้อง โดยเฉพาะกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ควรลดเกณฑ์อนุโลมของปริมาณอาร์ซีนิกจาก 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตรหรือ 50 ไมโครกรัมต่อลิตรหรือ 50 พีพีบี เป็น 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตรหรือ 10 ไมโครกรัมต่อลิตรหรือ 10 พีพีบี ให้เท่ากับค่ามาตรฐานที่องค์การอนามัยโลกกำหนด เนื่องจากอาการของโรคพิษอาร์ซีนิกเรื้อรัง จะใช้เวลามากกว่าสิบปีจึงจะแสดงอาการ ดังนั้น จำนวนผู้ป่วยโรคดังกล่าว จะมีจำนวนเพิ่มขึ้นในอนาคต
2. พื้นที่เขตอำเภอเขมราฐ เป็นพื้นที่ราบลุ่มติดกับแม่น้ำโขง จึงมีโอกาสรับตะกอนที่มากับแม่น้ำโขงได้มากกว่าอำเภอโขงเจียม ค่าพารามิเตอร์ส่วนใหญ่เกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนด จึงควรเฝ้าระวังและทำการตรวจหาการแพร่กระจายของอาร์ซีนิกและสารโลหะหนักอื่นๆ เนื่องจากเป็นเรื่องต้องให้สำคัญเร่งด่วน
3. ควรให้การสนับสนุนการตรวจสุขภาพของประชาชนในกลุ่มนี้ เนื่องจากประชาชนส่วนใหญ่ยังต้องใช้ น้ำใต้ดินในการอุปโภคและบริโภค หากน้ำใต้ดินมีคุณภาพน้ำไม่ดีย่อมมีผลต่อสุขภาพ
4. ควรให้การสนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีการบำบัดที่มีประสิทธิภาพ ราคาถูกและนำมาใช้กับชุมชนได้

อย่างจริงจัง สามารถดูแลรักษาโดยชุมชน ไม่ต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญ

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2552 คณะผู้วิจัยขอขอบคุณนายอำเภอเขมราฐ (นายวัฒนา พุทธิชาติ) และชาวบ้านในตำบลต่างๆ ที่อำนวยความสะดวกและให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และมหาวิทยาลัยอุบลราชธานีที่ให้การสนับสนุนการทำวิจัย พร้อมทั้งอนุเคราะห์สถานที่และเครื่องมือครุภัณฑ์ต่าง ๆ ในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Berg, M. and et al. 2006. **Extent and severity of arsenic pollution in Vietnam and Cambodia In Managing arsenic in the environment: From soil to human health.** Melbourne: CSIRO.
- [2] Smith, A. H., E. O. Lingas, and M. Rahman. 2000. "Contamination of drinking-water by arsenic in Bangladesh: a public health emergency". **Bull. WHO.** 78: 1093-1103.
- [3] WHO. 1993. **Guidelines for drinking-water quality. Volume 1: Recommendation, 2 nd ed.** WHO, Geneva.
- [4] Smedley, P. L. and D. G. Kinniburgh. 2002. "A review of the source, behaviour and distribution of arsenic in natural waters". **Appl. Geochem.** 17: 517-568.
- [5] กรมควบคุมมลพิษ. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 12 (พ. ศ. 2542). 2552. http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water01.html. 22 ส.ค.
- [6] กรมทรัพยากรน้ำบาดาล. โครงการแก้ไขปัญหามลพิษทางดิน น้ำ อูปลโภคบริโภค. 2552. <http://www.dgr.go.th/water/ groundwater1.htm> 22 ส.ค.

- [7]. American Public Health Association. 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20th ed. APHA, AWWWA, WEF. Washington D. C.
- [8] วุฒิพล เล้าอรุณ. ความกระด้างของน้ำ (**Water Hardness**). 2 5 5 3. <http://www.mwa.co.th/download/prd01/article/wqa/hardness.pdf>. 12 มิ.ย.
- [9] กรรณิการ์ สิริสิงห. 2522. เคมีของน้ำ น้ำโสโครก และการวิเคราะห์. กรุงเทพฯ: สารมวลชน.
- [10] กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2551. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 332 (พ.ศ. 2521) ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 เรื่องกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภค ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 95 ตอนที่ 68 ลงวันที่ 4 กรกฎาคม 2521.
- [11] Buschmann, J. and et al. 2007. "Arsenic and manganese contamination of drinking water resources in Cambodia: coincidence of risk areas with relief topography". **Environ. Sci. Technol.** 41: 2146-2152.
- [12]. กรมทรัพยากรธรณี. 2542. การศึกษาติดตามปัญหาและการแก้ไขการแพร่กระจายของสารหนู อ.ร้อนพิบูลย์ จ.นครศรีธรรมราช: กองสิ่งแวดล้อมทรัพยากรธรณี.