หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การกำจัดเหล็กในน้ำบาดาล โดยการเติมอากาศตามด้วยระบบทรายกรองเร็ว

ในปี ค.ศ. 1868 Salbach[52] ได้ค้นพบวิธีกำจัดเหล็กในน้ำบาดาลโดยวิธีเติมอากาศตามด้วยการกรอง ต่อมาในปี ค.ศ. 1916 Applebaum[9] ได้ให้ความเห็นว่า การเติมอากาศตามด้วยการกรองเป็นวิธีสามัญวิธีหนึ่งที่ใช้ในการกำจัดเหล็กได้ และต่อมาในปี ค.ศ. 1922 Donaldson[19] ได้พบวิธีกำจัดเหล็กและก๊าซที่ละลายในน้ำบาดาล โดยใช้เครื่องเติมอากาศแบบถาดหลายชั้นตามด้วยระบบทรายกรองเร็ว ภายในชั้นต่าง ๆ ของเครื่องเติมอากาศดังกล่าวได้ใส่ถ่านโค้กเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเติมอากาศให้แก่เครื่องเติมอากาศ

2.2 ประวัติความเป็นมาของการกำจัดเหล็กในน้ำโดยทั่วไป

ในปี ค.ศ. 1932 Frick[22] ได้พบว่า

(ก) ออกไซด์ของเหล็กและแมงกานีสในชั้นทราย ทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalytic Agents) ในการกำจัดเหล็ก และแมงกานีส

(ข) ออกไซด์ของเหล็กและแมงกานีส ที่เคลือบรอบเมล็ดทรายในชั้นทรายสามารถล้างออกจากเมล็ดทรายได้โดยการแช่สารละลายโซเดี่ยมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้น 10 % ไว้ในชั้นทรายที่ต้องการจะล้างนานประมาณ 6 – 12 ช.ม. จากนั้นจึงทำการล้างทราย โดยการล้างแบบไหลกลับ

ในปี ค.ศ. 1942 Moore และ Snow[39] ได้พบวิธีกำจัดเหล็กในน้ำบาดาลโดยการใช้ถังตกตะกอนที่มีชั้นตะกอน (Sludge Blanket) ชั้นตะกอนนี้เป็นการรวมตัวของบรรดาตะกอนซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาระหว่าง สารละลายด่างทับทิม ($KMnO_4$)

และเฟอร์รัสซัลเฟต ปฏิกิริยานี้จะต้องควบคุม pH ไว้ในช่วง 7.0 – 9.0 ระยะเวลาการทำงานของชั้นตะกอนไม่ควรเกิน 15 – 30 นาที และความเข้มข้นของตะกอนในชั้นตะกอนควรมีค่าประมาณ 600 – 700 มก./ล.

ในปี ค.ศ. 1947 Mathew[37] ได้พบวิธีกำจัดเหล็กในน้ำโดยใช้คลอรีนเป็นตัวออกซิไดส์เหล็กเฟอร์รัส ตามด้วยการตกตะกอนและการกรอง

ในปี ค.ศ. 1950 Babcock[12] พบว่าในถังตกตะกอนแบบสปาวดิง (Spaulding Precipitator) หรือถังตกตะกอนแบบอัพโฟลว์ ชั้นตะกอนซึ่งอยู่บริเวณส่วนบนของถังได้ทำหน้าที่คล้าย ๆ ตัวกรองที่สามารถกรองตะกอนเหล็กได้ดีแต่ต้องควบคุม pH ของน้ำไว้ ในช่วง 8.5 – 9.1

ในปี ค.ศ. 1950 Brown[14] ได้ทดลองกำจัดเหล็กในน้ำบาดาลโดยวิธีเติมอากาศตามด้วยการตกตะกอนและการกรอง เครื่องมือที่ใช้ในการเติมอากาศ เป็นเครื่องเติมอากาศแบบถาดหลายชั้นซึ่งไม่ได้ใส่ถ่านโค้ก เครื่องมือที่ใช้ในการตกตะกอนเป็นถังตกตะกอนแบบสี่เหลี่ยม ซึ่งมีระยะเวลาเก็บกักประมาณ 3 ช.ม.

ผลการทดลอง Brown ได้พบว่าน้ำดิบซึ่งมีเหล็กประมาณ 8.7 มก./ล. และแมงกานีสประมาณ 1.5 มก./ล. เมื่อผ่านการกำจัดเหล็กโดยไม่มีการเติมสารเคมีใด ๆ เข้าไปในน้ำแล้ว ปรากฏว่าน้ำที่ผ่านการกำจัดเหล็กจะมีเหล็กเหลืออยู่ประมาณ 1.1 มก./ล. และมีแมงกานีสเหลืออยู่ประมาณ 0.98 มก./ล. ในการทดลองโดยใช้เครื่องมือแบบเดิมแต่มีการจ่ายน้ำยาคลอรีนเข้าไปยังน้ำที่ผ่านการเติมอากาศแล้ว Brown ได้พบว่าน้ำที่ผ่านการกำจัดเหล็ก จะมีเหล็กเหลืออยู่ประมาณ 0.67 มก./ล. และมีแมงกานีสเหลืออยู่ประมาณ 0.88 มก./ล. แสดงให้เห็นว่าการทำ พรี-คลอรีเนชั่น ช่วยกำจัดเหล็กได้ดี

ในปี ค.ศ. 1960 Mc.Cracken[38] ได้พบวิธีกำจัดเหล็กอินทรีย์ในน้ำโดยใช้คลอรีน หรือไฮโปคลอไรด์ และมีการควบคุม pH ของน้ำด้วยปูนขาว เครื่องมือที่ใช้ทดลองในแบบทดลอง ประกอบด้วยเครื่องจ่ายน้ำยา, เครื่องควบคุมอัตราการไหล, ถังทำตะกอน, ถังตกตะกอน และถังกรองเร็ว จากผลการทดลอง พบว่าการกำจัดเหล็กวิธีนี้สามารถกำจัดเหล็กอินทรีย์ในน้ำได้ผล

ในปี ค.ศ. 1961 Longley และคณะ[35] ได้ศึกษาวิธีกำจัดเหล็กในน้ำบาดาลโดยการเติมออกซิเจน ตามด้วยการทำตะกอน การตกตะกอน และการกรอง ผลการทดลองจากแบบทดลอง สามารถสรุปได้ดังนี้

(1) การเติมอากาศ สามารถกำจัดเหล็กได้ 0.1 – 44 %

(2) การตกตะกอน ซึ่งมีระยะเวลาเก็บกัก $1\frac{1}{2}$ ช.ม. สามารถกำจัดเหล็กได้ประมาณ 13 %

(3) การกรองสามารถกำจัดเหล็กได้ 96 – 100 %

ในปี ค.ศ. 1962 Komolarit [33] ได้ศึกษาผลของจุลินทรีย์และแบคทีเรียที่มีต่อการกำจัดเหล็กในชั้นทราย จากการทดลองด้วยถังกรอง ที่ใช้ในโรงประปาหลายแห่งในเมืองอิลลินอยส์ ประเทศสหรัฐอเมริกา Komolarit ได้พบว่าเมื่อน้ำที่ไหลเข้าถังกรองมีเหล็กส่วนใหญ่อยู่ในรูปของเฟอร์ริค น้ำที่กรองแล้วจะมีเหล็กส่วนใหญ่อยู่ในรูปของเฟอร์รัส แทนที่จะอยู่ในรูปคอลลอยด์ของเหล็กเฟอร์ริค และเมื่อวัด D.O. ของน้ำที่กรองแล้วปรากฏว่าจะมีค่าต่ำกว่า D.O. ของน้ำก่อนกรองหลายเท่าตัว นอกจากนี้ Komolarit ได้พบว่าที่ส่วนบนของตัวกรองมีเมือกของแบคทีเรียหรือจุลินทรีย์ปรากฏอยู่ จากข้อสรุปของการทดลอง Komolarit ได้สรุปว่า การที่เหล็กเฟอร์ริคในน้ำก่อนกรองถูกเปลี่ยนไปเป็นเหล็กเฟอร์รัสในน้ำที่กรองแล้วเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีชีวะของแบคทีเรียและจุลินทรีย์อื่น ๆ ที่อยู่ในชั้นทราย

ในปี ค.ศ. 1962 Owen [40] ได้ศึกษาวิธีกำจัดเหล็กและแมงกานีสโดยระบบสพลิทโฟลว์ (Split-Flow Process) ของโรงประปาในรัฐวิสคอนซิน ประเทศสหรัฐอเมริกา ระบบสพลิทโฟลวนี้ ได้สร้างเป็นถังตกตะกอนแบบไหลขึ้น จำนวน 2 หน่วย แต่ละหน่วย มีกำลังผลิตน้ำ 1890 ม./ช.ม. สารเคมีที่ใช้ในการควบคุม pH ของน้ำในถังตกตะกอนก็คือปูนขาว จากการทดลอง Owen พบว่า ในการกำจัดเหล็กต้องควบคุม pH ของน้ำไว้ที่ 8.4 และในการกำจัดแมงกานีสต้องควบคุม pH ของน้ำไว้ที่ 9.5 สำหรับปฏิกิริยาระหว่าง เหล็ก และแมงกานีส กับปูนขาวที่ pH ดังกล่าวนี้ Owen พบว่าจะทำให้เกิดชั้นตะกอน ชั้นตะกอนนี้จะทำหน้าที่เป็นตัวกำจัดเหล็กและแมงกานีสได้ดี

ในปี ค.ศ. 1963 Willey และ Jenning[51] ได้ทำการทดลองทั้งในห้องปฏิบัติการ และในโรงประปาเกี่ยวกับการใช้ด่างทับทิมเป็นสารเคมีในการกำจัดเหล็กในน้ำ จุดที่ทำการจ่ายสารละลายด่างทับทิมอย่างต่อเนื่องเข้าท่อน้ำดิบ อยู่ห่างจากถังกรองในโรงประปาประมาณ 6 ม. สำหรับตัวกรองที่ใช้คือแมงกานีสกรีนแซนด์ ผลการทดลองพบว่าแมงกานีสกรีนแซนด์ สามารถกำจัดเหล็กและแมงกานีสซึ่งละลายในน้ำดิบได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในปี ค.ศ. 1965 Bolas[13] ได้พบว่าชั้นตกตะกอนในถังตกตะกอนแบบไหลขึ้น (Up-Flow) สามารถกำจัดเหล็กได้อย่างมีประสิทธิภาพ เครื่องมือที่เขาใช้ในการทดลองประกอบด้วยเครื่องเติมอากาศ 1 หน่วย ถังปฏิกิริยาที่มีการเติมปูนขาว 1 หน่วย และถังตกตะกอนแบบไหลขึ้นอีก 1 หน่วย

ในปี ค.ศ. 1967 Engelbrech และคณะ[20] ได้ศึกษาถึงผลทางชีววิทยาของจุลินทรีย์ ที่มีต่อการกำจัดเหล็กในน้ำบาดาลในระบบทรายกรอง เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองเป็นแบบทดลอง ประกอบด้วยถังเติมอากาศแบบใช้อากาศอัด ซึ่งสามารถเพิ่ม D.O. ของน้ำดิบจาก 0 มก./ล. เป็น 6.5 – 8.0 มก./ล., ถังเก็บกักซึ่งสามารถเก็บกักน้ำที่ผ่านการเติมอากาศแล้วได้เป็นระยะเวลาประมาณ 1 ช.ม. และถังกรองซึ่งมีตัวกรองเป็นทรายกรองเร็ว จากการทดลองโดยควบคุมให้น้ำดิบผ่านการเติมอากาศ, การเก็บกัก และการกรอง อย่างต่อเนื่องกันเป็นเวลานานถึง 8 อาทิตย์ Engelbrech และคณะได้พบว่า D.O. ของน้ำที่กรองแล้วได้ลดลงจาก D.O. ของน้ำที่ไหลเข้าถังกรอง และ D.O. ของน้ำที่กรองแล้วจะลดลงตามอายุการกรองที่มากขึ้น ขณะที่ D.O. ของน้ำที่กรองแล้วมีค่าลดลงปรากฏว่าเหล็กในน้ำที่กรองแล้วได้มีค่ามากขึ้นทุกขณะ และอยู่ในรูปของเฟอร์รัสเป็นส่วนใหญ่ ต่อมา Engelbrech และคณะได้พบว่าในการกรองแต่ละครั้งอย่างต่อเนื่องภายหลังจากการล้างทราย น้ำที่กรองแล้วใหม่ ๆ ยังมีปริมาณเหล็กน้อยอยู่ ต่อมาเมื่อระยะเวลาในการกรองมากขึ้นปรากฏว่าเหล็กในน้ำที่กรองแล้วได้เพิ่มมากขึ้นด้วย จนกระทั่งระยะเวลาในการกรองนานถึง 48 ช.ม. ปรากฏว่าเหล็กในน้ำที่กรองแล้ว จะมีปริมาณเกือบเท่ากับเหล็กในน้ำก่อนกรอง วิธีแก้ปัญหา

นี้ Engelbrech และคณะ ได้แนะนำว่า ต้องกำจัดแบคทีเรียในทรายกรองให้หมดไปด้วยการใช้คลอรีนหรือด่างทับทิม

ในปีเดียวกันนี้ Ghosh และคณะ[26] ได้เขียนบทความเรื่อง ผลของจุลินทรีย์ที่มีต่อการกำจัดเหล็กในตัวกรอง เช่นเดียวกับ Engelbrech และคณะ ดังกล่าวข้างต้น

ในปี ค.ศ. 1967 Robinson[41] ได้ทำการทดลองและศึกษาเรื่อง ผลของสารอินทรีย์ที่มีต่อการกำจัดเหล็กในน้ำบาดาล พอสรุปได้ว่าสารอินทรีย์ในน้ำบาดาลไม่ได้มีผลต่อขบวนการออกซิเดชั่นในการเปลี่ยนรูปของเหล็กในน้ำจากเฟอร์รัสเป็นเฟอร์ริค และสารอินทรีย์เหล่านี้ ถ้าถูกแยกออกมาจากน้ำบาดาลได้แล้ว จะสามารถกรองออกได้ซึ่งหมายถึงว่าได้กำจัดเหล็กในน้ำไปด้วยในตัว

ในปี ค.ศ. 1967 Vitayaudom[48] ได้ทำการทดลองและศึกษาวิธีการกำจัดเหล็กโดยการทำตะกอน ตามด้วยการตกตะกอน เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองเป็นแบบทดลองขนาดที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ (Lab Scale) ผลการทดลองพอสรุปประเด็นที่สำคัญได้ว่า การกำจัดเหล็กในน้ำระหว่างการใส่ กับการไม่ใส่ สารเคมีที่ช่วยในการตกตะกอนไม่ได้มีผลแตกต่างกันมากนัก ถ้าหากมีการควบคุม pH ของน้ำ ในระบบกำจัดไว้ระหว่าง 8.0 – 9.0 เพียงแต่การใส่สารเคมีที่ช่วยในการตกตะกอน จะช่วยทำให้เหล็กที่ละลายในน้ำรวมตัวกันเป็นตะกอนที่มีขนาดและน้ำหนักมากกว่า

ในปี ค.ศ. 1967 Robinson[42] ได้ทำการทดลองและศึกษาเกี่ยวกับการทำตะกอน (Precipitation) ของเหล็กและแมงกานีสในน้ำบาดาลที่มีความเป็นด่างต่ำ พอสรุปได้ดังนี้

(1) ถ้าต้องการให้เหล็กเฟอร์รัสในน้ำบาดาลที่มีความเป็นด่างต่ำ ถูกออกซิไดส์ได้ในทันทีที่สัมผัสกับอากาศ จะต้องเพิ่มความเป็นด่างไบคาร์บอเนตของน้ำให้มีค่าประมาณ 100 – 130 มก./ล. เทียบ $CaCO_3$ โดยการเติมโซเดี่ยมคาร์บอเนต หรือปูนขาว หรือโซเดี่ยมไฮดรอกไซด์

(2) ด่างทับทิมช่วยในการออกซิไดส์เหล็กเฟอร์รัสได้ดี โดยไม่ต้องมีการควบคุม pH หรือความเป็นด่าง

(3) เหล็กเฟอร์รัสในน้ำบาดาลจะถูกออกซิไดส์ได้ต่อเมื่อ pH ของน้ำมีค่าตั้งแต่ 6.6 ขึ้นไป และจากการศึกษาโดยทั่วไปพบว่า เหล็กเฟอร์รัสจะถูกออกซิไดส์เมื่อ pH มีค่าอยู่ในช่วง 7.0 – 8.2

(4) สารเคมีที่ดีที่สุดในการเพิ่ม pH และความเป็นด่าง คือโซเดี่ยมไฮดรอกไซด์ หรือ NaOH เพราะว่า NaOH เป็นสารเคมีที่ไม่ทำให้น้ำมีความกระด้างเพิ่มขึ้น และราคาก็ไม่แพงนักเมื่อเทียบกับด่างทับทิม อนึ่ง ในทางปฏิบัติจะต้องเพิ่มความเป็นด่างไว้ในช่วง 100 – 120 มก./ล. เทียบ $CaCO_3$

ในปี ค.ศ. 1968 Limrat[36] ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการพิจารณาใช้เครื่องเติมอากาศแบบถาดหลายชั้น เป็นหน่วยกำจัดเหล็กในน้ำบาดาล เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองเป็นแบบทดลอง ประกอบด้วยเครื่องเติมอากาศแบบถาดหลายชั้น ตามด้วยถังผสมสารเคมี และถังตกตะกอนแบบไหลขึ้น ในการวิจัยของ Limrat สามารถสรุปประเด็นที่สำคัญได้ดังนี้

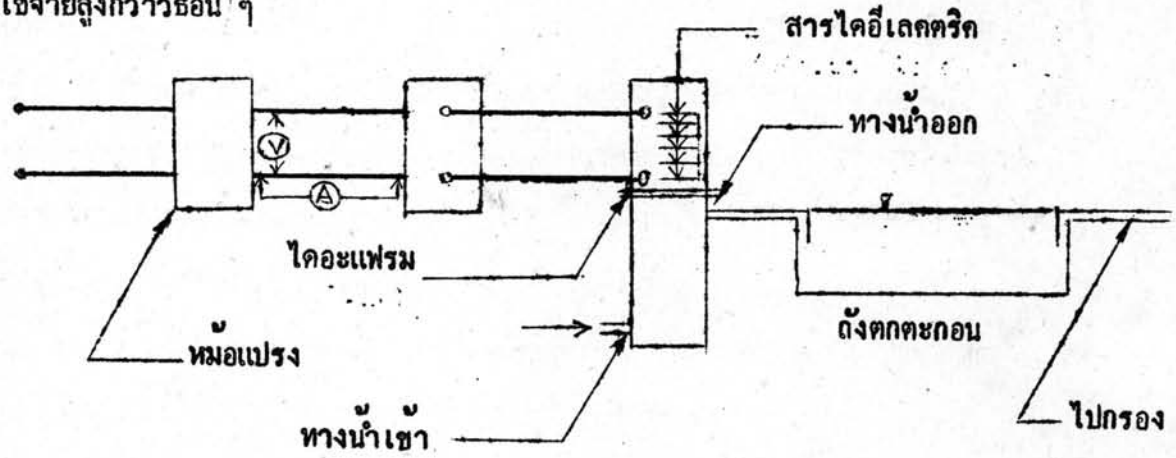
(1) เครื่องเติมอากาศแบบถาดหลายชั้น ซึ่งมีจำนวน 6 ชั้น ห่างกันชั้นละ 30 ซ.ม. เมื่อใช้ตัวกลางที่เป็นถ่านชนิดต่าง ๆ ใส่ลงไปในถาดของเครื่องเติมอากาศให้ครบทุกชั้น ในการทำงานของเครื่องเติมอากาศพบว่าเครื่องเติมอากาศสามารถเพิ่ม D.O. หรือออกซิเจนละลาย ให้แก่น้ำดิบได้ถึง 6.30 – 6.80 มก./ล. แต่ออกซิเจนจำนวนนี้สามารถออกซิไดส์เหล็กเฟอร์รัสในน้ำดิบได้อย่างมากเพียง 12 % เท่านั้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ pH ของน้ำบาดาลมีค่าเพียง 6.0

(2) ขนาดที่เหมาะสมของถ่าน ที่ควรใส่ในถาดเติมอากาศ คือ $2\frac{1}{2}$ นิ้ว – $4\frac{1}{2}$ นิ้ว

(3) ชั้นตะกอนในถังตกตะกอนที่เกิดจากปฏิกิริยาในถังผสมระหว่างเหล็กในน้ำ, ปูนขาว และสารส้ม สามารถกำจัดเหล็กในน้ำบาดาลได้สูงถึงประมาณ 96 % แต่ก็มักมีปัญหาที่ว่าน้ำที่ผ่านการกำจัดเหล็กแล้วจะมีความกระด้างสูงขึ้นเนื่องจากการเติมปูนขาว

ในปี ค.ศ. 1973 Yukphan Wattana[54] ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการกำจัดเหล็กในน้ำโดยใช้ด่างทับทิม จากการทำจาร์เทสต์ เขาได้พบว่าด่างทับทิม 1 ส่วน สามารถกำจัดเหล็กในน้ำได้ 1.66 ส่วน ซึ่งสูงกว่าในทางทฤษฎี ซึ่งกำหนดไว้ว่า ด่างทับทิม 1 ส่วนสามารถกำจัดเหล็กในน้ำได้ 1.06 ส่วน จากการทดลองในแบบทดลอง เขาได้พบว่าเมื่อได้จ่ายสารละลายด่างทับทิมที่มีปริมาณของด่างทับทิมที่เหมาะสม จากการทำจาร์เทสต์ เข้าไปยังน้ำดิบ (น้ำดิบนี้ได้จากการสังเคราะห์ด้วยเฟอร์รัสซัลเฟต) จนกระทั่งด่างทับทิมได้ออกซิไดส์เหล็กเฟอร์รัสในน้ำดิบหมดแล้ว จึงได้นำไปกรองโดยใช้ชั้นเถ้าแกลบ หรือเกล็ดถ่านหินเป็นตัวกรอง ตัวกรองนี้มีความลึกประมาณ 80 ซ.ม. ผลการทดลองพบว่าตัวกรองที่กล่าวมานี้สามารถกำจัดเหล็กและความขุ่นได้ดี

ในปี ค.ศ. 1974 Uthaiphattrakul Montri[47] ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการกำจัดเหล็กในน้ำบาดาลโดยวิธีไฟฟ้า ดังวงจรไฟฟ้าในรูปที่ 2.1 การกำจัดเหล็กในน้ำวิธีนี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่สำคัญ คือ ความเป็นด่างของน้ำ, อัตราการไหลของน้ำ และพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ จากการทดลองพบว่า เวลาในการตกตะกอน จะขึ้นอยู่กับขนาดตะกอนของเหล็กและความเป็นด่าง การกำจัดเหล็กในน้ำบาดาลโดยวิธีนี้จะสามารถกำจัดเหล็กได้ถึง 98 – 99 % ถ้าได้เพิ่มพลังงานไฟฟ้า, เพิ่มความเป็นด่าง และลดอัตราการไหลของน้ำ อย่างไรก็ตามการกำจัดในน้ำบาดาลโดยวิธีนี้ จะเสียค่าใช้จ่ายสูงกว่าวิธีอื่น ๆ



รูปที่ 2.1 การกำจัดเหล็กในน้ำบาดาลโดยวิธีไฟฟ้า

ในปี ค.ศ. 1975 Robinson[43] ได้ศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับผลของซิลิก้าในน้ำบาดาล ที่มีต่อการกำจัดเหล็กในน้ำบาดาล จากการทดลอง Robinson ได้พบว่าน้ำบาดาลที่มีปริมาณซิลิก้ามากขึ้น ความเป็นด่างไบคาร์บอเนตจะมีค่ามากขึ้นด้วย เมื่อความเป็นด่างไบคาร์บอเนตมีค่ามากขึ้นก็จะมีผลทำให้เหล็กเฟอร์รัสในน้ำบาดาลถูกออกซิไดส์ ได้ง่ายขึ้น หรือหมายถึงจะมีผลทำให้เหล็กในน้ำบาดาลที่ผ่านการเติมอากาศจะสามารถตกตะกอนได้ง่ายขึ้น

ในปี ค.ศ. 1978 George A.D. และ Chaudhuri[27] ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการกำจัดเหล็กในน้ำบาดาล โดยใช้ตัวกรองที่เป็นถ่านหิน น้ำดิบที่ใช้ในการทดลองเป็นน้ำจากบ่อบาดาลที่มีการเติม $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ เข้าไปภายหลังจากที่ได้สูบขึ้นมาแล้ว ถังกรองที่ใช้ทดลองทำด้วยท่อแก้วมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2.6 ซ.ม. จำนวน 2 ถัง ถังหนึ่งมีตัวกรองเป็นทรายกรองเร็ว ซึ่งมีขนาดตัวกลางทางเรขาคณิต 1 ม.ม. อีกถังหนึ่งมีตัวกรองเป็นถ่านหินซึ่งมีขนาดเดียวกับทรายกรองดังกล่าวมาแล้ว ความลึกของตัวกรองของทั้ง 2 ถังมีค่า 60 ซ.ม. จากผลการทดลองเปรียบเทียบการกำจัดเหล็กระหว่างตัวกรองที่เป็นทรายกับตัวกรองที่เป็นถ่านหินพอสรุปได้ว่า

(1) ตัวกรองที่เป็นถ่านหินสามารถกำจัดเหล็กในน้ำได้สูงกว่าตัวกรองที่เป็นทรายเล็กน้อย

(2) เมื่อเปรียบเทียบอัตราการกรองระหว่างตัวกรองที่เป็นทราย กับตัวกรองที่เป็นถ่านหินพบว่า ที่ระยะเวลาในการกรองเท่ากัน และคุณภาพน้ำที่กรองแล้วเหมือนกัน ตัวกรองที่เป็นถ่านหินจะสามารถกรองน้ำได้ในอัตราที่สูงกว่าตัวกรองที่เป็นทราย และเมื่อเปรียบเทียบอายุการกรองระหว่างตัวกรองที่เป็นทรายกับตัวกรองที่เป็นถ่านหินพบว่า ที่อัตราการกรองเดียวกัน อายุการกรองของตัวกรองที่เป็นถ่านหิน จะมากกว่าอายุการกรองของตัวกรองที่เป็นทราย

(3) ตัวกรองที่เป็นถ่านหินสามารถกำจัดเหล็กเฟอร์รัสที่ละลายในน้ำได้มากกว่าตัวกรองที่เป็นทราย แต่ตัวกรองที่เป็นทั้งถ่านหิน และทรายต่างก็ มีประสิทธิภาพดีพอในการกำจัดเหล็กเฟอร์ริค (เหล็กเฟอร์ริคที่ไม่ตกตะกอน)