บทที่ 10
การกำจัดน้ำทิ้ง
(WASTEWATER TREATMENT)

จุดมุ่งหมาย

เมื่อนักศึกษาอ่านบทนี้แล้ว ควรมีความเข้าใจและสามารถที่จะ

1. บอกความหมายของน้ำทิ้งและการกำจัดน้ำทิ้งได้
2. บอกประเภทและอธิบายถึงลักษณะของประเภทน้ำทิ้งได้อย่างน้อย 2 ประเภท
3. บอกประเภทน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมได้อย่างน้อย 2 ประเภท
4. อธิบายขั้นตอนของระบบการกำจัดน้ำทิ้งทั้ง 3 ขั้นตอนได้
5. อธิบายถึงวิธีการกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมได้

1. ความหมายของการกำจัดน้ำทิ้ง

น้ำทิ้ง (wastewater) หมายถึง น้ำที่ได้ผ่านการใช้ประโยชน์ต่าง ๆ มาแล้ว เช่น การชะล้างร่างกาย การซักเสื้อผ้า การประกอบอาหาร การขับถ่ายของเสีย การล้างวัตถุดิบ จากโรงงานอุตสาหกรรม การล้างเครื่องจักร การระบายความร้อนจากเครื่องจักร การใช้น้ำในขบวนการต่าง ๆ เหล่านี้ ทำให้น้ำมีคุณลักษณะผิดไปจากเดิมเนื่องจากมีสิ่งเจือปนในน้ำเพิ่มขึ้น เช่น ผงซักฟอก ดิน ทราย หรือสิ่งที่ใช้ในการย้อม อาจทำให้น้ำมีสีเปลี่ยนไป หรือเพียงแต่มีอุณหภูมิสูงขึ้นก็ได้ สิ่งเจือปนเหล่านั้นมีทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์

การกำจัดน้ำทิ้ง (wastewater treatment) หมายถึง การแยกหรือทำลายสิ่งสกปรกต่าง ๆ ที่อยู่ในน้ำทิ้งให้มีปริมาณลดลงจนอยู่ในระดับที่จะไม่ก่อให้เกิดปัญหาน้ำเน่าเสียขึ้นในแหล่งน้ำที่รับน้ำทิ้งนั้น โดยทั่วไปหน่วยงานของรัฐที่รับผิดชอบในการควบคุมคุณภาพของน้ำในแหล่งน้ำจะเป็นผู้กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งเพื่อใช้เป็นหลักในการควบคุมการระบายน้ำทิ้งลงแหล่งน้ำสาธารณะ

การกำหนดน้ำทิ้งจากแหล่งต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากโรงงานอุตสาหกรรมนั้นจะมีขบวนการที่ไม่แน่นอน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแหล่งที่มาและชนิดของโรงงานอุตสาหกรรมนั้น ๆ โดยทั่วไปน้ำทิ้งที่มีสารอนินทรีย์ เช่น น้ำทิ้งจากโรงงานชุบโลหะ ต้องใช้ขบวนการเคมีในการกำจัดและไม่มีวิธีการอื่นให้เลือกมากนัก ส่วนน้ำทิ้งที่มีสารอินทรีย์นั้น ต้องใช้การกำจัดด้วยขบวนการทางชีววิทยาและจะมีขบวนการกำจัดที่เลือกใช้ได้หลายแบบ โดยทั่วไปแล้วน้ำทิ้งที่มีสารอินทรีย์จะมีค่า BOD สูงมาก ซึ่งมักจะเกินกว่า 3,000 มิลลิกรัม/ลิตร นั่นหมายความว่ามีปริมาณออกซิเจนอิสระละลายอยู่ในน้ำทิ้งประเภทนี้น้อยมาก ดังนั้นในขั้นต้นจะต้องกำจัดด้วยขบวนการชีววิทยาแบบไม่ใช้ออกซิเจนอิสระเสียก่อน จากนั้นจึงจำกัดในขั้นต่อไปด้วยขบวนการชีววิทยาแบบใช้ออกซิเจนอิสระ จึงจะทำให้ค่า BOD ลดต่ำลงมาจนเหลือน้อยเท่ากับค่ามาตรฐานตามที่รัฐบาลกำหนดได้ ซึ่งมักจะกำหนดไว้ไม่ให้สูงกว่า 20 มิลลิกรัม/ลิตร หากใช้ขบวนการทางเคมีในการกำจัดน้ำทิ้งประเภทนี้ จะกำจัดได้แต่ BOD ที่เป็นตะกอนแขวนลอยและอนุภาคคอลลอยด์เท่านั้น และจะลดค่า BOD ได้ไม่เกินร้อยละ 50 ของปริมาณ BOD ก่อนผ่านขบวนการกำจัด ดังนั้นการเลือกใช้ขบวนการกำจัดน้ำทิ้งวิธีใดวิธีหนึ่งย่อมขึ้นอยู่กับประเภทของน้ำทิ้งนั้นด้วย

2. ประเภทของน้ำทิ้ง

น้ำทิ้งถ้าหากแบ่งตามแหล่งการเกิดแล้วสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. **น้ำทิ้งจากแหล่งชุมชน (Sewage of domestic wastewater)** ได้แก่ น้ำทิ้งจากบ้านพักอาศัย

อาคารร้านค้า ตลาด โรงงาน และสถานที่ราชการต่าง ๆ เป็นน้ำทิ้งที่เกิดจากกิจวัตรประจำวันของมนุษย์ เช่น การชำระล้างร่างกาย ซักเสื้อผ้า ล้างท่อ ประกอบอาหาร ขับถ่าย ทำความสะอาดบ้านเรือน ล้างรถยนต์ เป็นต้น แหล่งชุมชนมักจะเป็นบ่อเกิดแห่งความสกปรกทั้งปวง เป็นความสกปรกทั้งทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพรวมกัน เช่น เศษเหลือของพืชและสัตว์ ถุงพลาสติก ใบตอง ยาที่เป็นส่วนประกอบของสารเคมีนานาชนิด อุจจาระและปัสสาวะ เป็นต้น แต่โดยทั่วไปแล้วน้ำทิ้งประเภทนี้จะมีอินทรีย์ต่าง ๆ ปะปนอยู่มากกว่าอย่างอื่น ความสกปรกต่าง ๆ ที่มีอยู่ในน้ำทิ้งประเภทนี้จะถูกระบายออกมาจากแหล่งชุมชนลงสู่แม่น้ำลำคลองโดยปราศจากการควบคุม

2. **น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม (Industrial wastewater)** ได้แก่ น้ำทิ้งที่เกิดจากขบวนการต่าง ๆ ในโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งจำเป็นต้องใช้น้ำในขบวนการผลิต เช่น โรงงานผลิตน้ำตาล โรงงานทำเยื่อและกระดาษ โรงงานแป้งมัน โรงงานผลิตอาหาร โรงงานกลั่นน้ำมัน และโรงงานเคมีภัณฑ์ต่าง ๆ เป็นต้น สิ่งสกปรกในน้ำทิ้งที่ระบายออกมาจากโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ เหล่านี้อาจจะมีทั้งอินทรีย์สารและอนินทรีย์สาร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้น้ำและชนิดของโรงงานอุตสาหกรรม

3. **น้ำทิ้งจากพื้นที่เกษตรกรรม (Agriculture wastewater)** ได้แก่ น้ำทิ้งจากพื้นที่เพาะปลูกและคอกสัตว์ ในบริเวณพื้นที่ที่มีการเพาะปลูกแผนใหม่จะมีการใช้ปุ๋ยและยาปราบศัตรูพืชเป็นจำนวนมาก เมื่อฝนตกเศษเหลือจากปุ๋ยและยาต่าง ๆ ที่ตกค้างอยู่จะถูกชะล้างพัดพาลงสู่แหล่งน้ำ เกิดการสะสมสารเคมีเหล่านี้ในแหล่งน้ำจนทำให้เกิดน้ำเสีย ทำให้กระทบกระเทือนต่อระบบนิเวศน์แหล่งน้ำและเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ สำหรับบริเวณที่มีการเลี้ยงปศุสัตว์หรือคอกสัตว์นั้นมักจะมีการปล่อยสิ่งปฏิกูลและเศษเหลือจากอาหารสัตว์โดยปราศจากการควบคุม สิ่งโสโครกจากสัตว์เหล่านี้จะถูกฝนชะล้างไหลลงสู่ลำน้ำที่อยู่ใกล้เคียง เป็นการไปเพิ่มอินทรีย์สารให้กับแหล่งน้ำและเป็นการแพร่เชื้อโรคต่าง ๆ ทำให้ปริมาณความสกปรกให้แหล่งน้ำเพิ่มมากขึ้น

3. ประเภทน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม

ถ้าพิจารณาจากแหล่งที่ใช้น้ำและขบวนการต่าง ๆ ในโรงงานอุตสาหกรรมแล้ว น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมอาจแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท ดังนี้คือ

1. **น้ำทิ้งที่เกิดจากขบวนการหล่อเย็น (Cooling water)** เป็นน้ำทิ้งที่เกิดจากการระบายความร้อนในเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง ๆ โดยปกติน้ำประเภทนี้จะไม่ค่อยมีสิ่งเจือปนมาก

นัก นอกจากโรงงานบางชนิดที่สกปรกมาก น้ำหล่อเย็นจะมีอุณหภูมิตั้งแต่ 40-60 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิขนาดนี้ถือว่าเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำทั้งทางตรงและทางอ้อม

2. **น้ำทิ้งจากขบวนการชะล้าง (Wash water)** ได้แก่น้ำทิ้งที่เกิดการขบวนการล้างวัตถุดิบต่าง ๆ น้ำล้างเครื่องจักร ล้างทำความสะอาดพื้นโรงงาน น้ำจากขบวนการเหล่านี้มีสิ่งเจือปนมาก เช่น พวกสารอินทรีย์ สารเคมี สารแขวนลอย และสารที่ละลายน้ำได้ต่าง ๆ

3. **น้ำทิ้งจากขบวนการผลิต (Process wastewater)** เป็นน้ำที่ใช้ในขบวนการผลิตของโรงงานบางชนิด เช่น โรงงานกระดาษ น้ำในขบวนการนี้จะกลายไปเป็นน้ำทิ้งเกือบทั้งหมด ในขบวนการผลิตของแต่ละโรงงาน น้ำที่ใช้ในขบวนการผลิตจะใช้ในปริมาณไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับชนิดของโรงงาน น้ำทิ้งจากขบวนการนี้จะมีความสกปรกมาก

4. **น้ำทิ้งจากกิจกรรมอื่น ๆ (Miscellaneous wastewater)** เช่น น้ำจากการชะล้างร่างกายของคนงาน น้ำจากส้วม น้ำจากคอนเดนเซอร์ ซึ่งต้องใช้ปริมาณและอุณหภูมิสูง น้ำทิ้งเหล่านี้จะสกปรกมากน้อยขึ้นอยู่กับกิจกรรมในการใช้น้ำในโรงงาน

4. ขั้นตอนของระบบการกำจัดน้ำทิ้ง

โดยทั่วไปแล้วระบบการกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและจากแหล่งชุมชนมีอยู่ด้วยกัน 3 ขั้นตอนซึ่งเป็นขั้นตอนที่ต่อเนื่องกัน อันได้แก่

1. **ระบบการกำจัดขั้นแรก (Primary treatment)** ระบบนี้เป็นกระบวนการกำจัดน้ำทิ้งทางด้านกายภาพ เกี่ยวข้องกับการกำจัดสิ่งที่แขวนลอยในน้ำทิ้งออกไป เช่น ของแข็งขนาดใหญ่ (เศษผ้า กระดาษ พลาสติก เศษอาหาร ฯลฯ) กรวด ทราย ไขมัน และน้ำมัน (ที่ไม่ละลายน้ำ) เป็นต้น สิ่งเหล่านี้จะถูกกำจัดออกไปโดยการใช้ตะแกรงหยาบและตะแกรงละเอียดติดตั้งไว้ที่ท่อระบายน้ำทิ้งเข้าสู่โรงงานกำจัดน้ำทิ้ง สิ่งที่เป็นของแข็งและเป็นวัตถุขนาดโตกว่าตะแกรงก็จะถูกกรองเอาไว้และถูกกำจัดออกไป น้ำทิ้งที่ไหลผ่านตะแกรงจะถูกนำไปตกตะกอนให้นอนก้นยังบ่อพักน้ำซึ่งมีถังดักกรวดทราย ถังดักไขมัน และถังตกตะกอน ติดต่อกันไปเป็นทอด ๆ วิธีนี้สามารถกำจัดสิ่งโสโครกออกไปได้ประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์ น้ำที่ไหลผ่านหรือระบายออกจากบ่อพักน้ำนี้ยังถือว่ามีความสกปรกอยู่มาก ทั้งนี้เพราะระบบการกำจัดขั้นแรกโดยการกรองและการตกตะกอนไม่สามารถกำจัดสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำอยู่ได้ ถ้าหากนำน้ำที่ผ่านการกำจัดขั้นนี้ถ่ายลงสู่แหล่งน้ำเลย จะทำให้เกิดปัญหามลภาวะขึ้นได้โดยการเน่าเสียของสารอินทรีย์ซึ่งเกิดจากการย่อยสลายของเชื้อจุลินทรีย์ เช่น แบคทีเรียและเชื้อรา พวกจุลินทรีย์เหล่านี้จะใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ทำให้ออกซิเจนหมดไปจากน้ำ และจะมีผลกระทบต่อความเป็น

อยู่ของสัตว์น้ำในบริเวณนั้น ดังนั้นน้ำที่ผ่านการกำจัดขั้นนี้แล้วจึงจำเป็นต้องนำมาผ่านระบบกำจัดขั้นที่สองต่อไป

2. ระบบการกำจัดขั้นที่สอง (Secondary treatment) ระบบนี้เป็นระบบการกำจัดน้ำทิ้งโดยวิธีชีวภาพ (biological treatment) เป็นระบบการกำจัดน้ำทิ้งที่ต่อจากขั้นที่หนึ่ง ในการกำจัดขั้นนี้เป็นการลดปริมาณสารอินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำโดยเชื้อจุลินทรีย์ในบ่อที่มีการให้อากาศตลอดเวลา (oxidation pond) เชื้อจุลินทรีย์ เช่น แบคทีเรีย และเชื้อราชนิดต่าง ๆ ที่เหมาะสมในการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุที่ละลายอยู่ในน้ำถูกเติมลงไป (seedling) ในปริมาณที่พอควร เชื้อจุลินทรีย์เหล่านี้จะใช้สารอินทรีย์เป็นอาหารและมีการแพร่พันธุ์อย่างรวดเร็วจนเกิดเป็นคราบของพวกจุลินทรีย์ขึ้นที่ผิวน้ำซึ่งเรียกว่า *"Sludge"* หรือเกิดเป็นเมือกที่พื้นบ่อ (Slime) หลังจากนั้นจะใช้วิธีตกตะกอนอีกแบบหนึ่งเพื่อแยกคราบเมือกของจุลินทรีย์เหล่านี้ออกจากน้ำทิ้งที่เหลือ วิธีการกำจัดขั้นที่สองนี้สามารถลดปริมาณสารอินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำได้มาก จึงมีความสกปรกน้อยที่จะปล่อยออกสู่แหล่งน้ำต่าง ๆ ได้ แต่ก็ยังมีปัญหาอยู่ที่ว่าบางส่วนของสารอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายโดยเชื้อจุลินทรีย์ได้ถูกเปลี่ยนไปเป็นสารอนินทรีย์ซึ่งจะละลายปนอยู่ในน้ำ เมื่อน้ำมวลนี้ถูกถ่ายเทลงไปยังแหล่งน้ำ ก็จะมีผลกระทบในทางอ้อม กล่าวคือสารอินทรีย์ เช่น ไนเตรต (NO_3^-) และฟอสเฟต (PO_4^-) เป็นธาตุอาหารที่สำคัญของแพลงค์ตอนพืชในแหล่งน้ำ เหตุการณ์ดังกล่าวจะทำให้ปริมาณการละลายของออกซิเจนลดลงในเวลากลางคืน และจะมีผลกระทบต่อพวกสัตว์น้ำต่าง ๆ ที่อาศัยอยู่ในบริเวณนั้นได้ ดังนั้น เพื่อความปลอดภัยและความใสสะอาดของน้ำ จึงควรที่จะได้ผ่านระบบการกำจัดขั้นที่สาม

3. ระบบการกำจัดขั้นที่สาม (Tertiary treatment) ระบบนี้เป็นระบบการกำจัดสารอนินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำทิ้งที่ได้ผ่านการกำจัดขั้นที่สองมาแล้วออกไปโดยวิธีทางเคมี หรือฟิสิกส์ หรือชีวภาพก็ได้ เช่น ใส่สารจำพวกเฟอริกคลอไรด์ เพื่อช่วยในการตกตะกอนของสารอนินทรีย์ซึ่งเป็นธาตุอาหารที่แขวนลอยอยู่ในน้ำทิ้ง หรือใส่ปูนขาวกับน้ำทะเลประมาณ 2-3 เปอร์เซ็นต์ เพื่อช่วยเร่งการตกตะกอนของฟอสเฟต (PO_4^-) และไนเตรท (NO_3^-) ที่ละลายอยู่ในน้ำจนหมด น้ำทิ้งที่ผ่านการกำจัดขั้นที่สามนี้แล้วจะเป็นน้ำที่ค่อนข้างสะอาด เมื่อปล่อยลงสู่แหล่งน้ำจะไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และถ้าหากหลังจากการใส่สารเร่งการตกตะกอนดังกล่าวแล้ว ยังมีการใส่สารคอลรีนลงไปเพื่อฆ่าเชื้อโรคและกำจัดกลิ่นเหม็น แล้วผ่านอากาศลงไปในน้ำและกรองอีกครั้งหนึ่งด้วยแล้ว ก็จะได้น้ำที่ใสสะอาดปราศจากเชื้อโรคเพื่อการอุปโภคบริโภคได้ สำหรับตัวอย่างการกำจัดขั้นที่สามโดยวิธีทางชีวิภาพได้แก่ การปล่อยน้ำที่ผ่านการกำจัดขั้นที่สองแล้วลงในบ่อน้ำบาดาลใหญ่เพื่อทำการเปลี่ยนธาตุอาหารให้ไปอยู่ในรูปของแพลงค์ตอนพืช

ปลากินพืชที่อยู่ในบ่อน้ำจะกินแพลงค์ตอนพืชให้หมดไป น้ำที่เหลือยังอาจนำไปใช้เลี้ยงพืชผักที่ปลูกอยู่ในบริเวณใกล้เคียงได้

5. วิธีการกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม

วิธีการกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมมีอยู่หลายวิธีด้วยกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประเภทของสิ่งเจือปนในน้ำทิ้งนั้น แต่ละวิธีและแต่ละขบวนการจะมีความเหมาะสมกับแต่ละประเภทของสิ่งเจือปนในน้ำทิ้ง ซึ่งน้ำทิ้งโดยมากจะมีสิ่งเจือปนอยู่ทั้งที่ละลายน้ำและไม่ละลายน้ำ ดังนั้นระบบกำจัดน้ำเสียโดยทั่ว ๆ ไป จึงประกอบด้วยสองขบวนการใหญ่ ๆ คือ ขบวนการกำจัดสิ่งที่ไม่ละลายและขบวนการกำจัดสิ่งที่ละลายน้ำ ซึ่งทั้งสองขบวนการนี้อาจแยกกันหรือรวมกันก็ได้

1. ขบวนการกำจัดสิ่งที่ไม่ละลายน้ำ

การกำจัดสิ่งสกปรกต่าง ๆ ที่ไม่ละลายน้ำจะใช้ขบวนการทางฟิสิกส์ดังต่อไปนี้

1) การแยกโดยใช้ตะแกรง (Screening) สิ่งสกปรกชิ้นใหญ่ ๆ ที่ลอยปะปนมากับน้ำเสีย สามารถจะแยกออกได้ง่าย ๆ โดยใช้ตะแกรงกั้น วิธีที่ใช้ในการแยกสิ่งสกปรกชิ้นใหญ่ ๆ เช่น เศษขยะ เศษผ้า ฯลฯ ซึ่งอาจจะทำให้เครื่องสูบน้ำหรือท่อระบายอุดตันได้ สิ่งสกปรกที่ติดอยู่กับตะแกรงจะต้องตัดหรือคราดออกไปเผา หรือถมดินอยู่เป็นระยะ ๆ เพราะถ้าทิ้งไว้จะทำให้ตะแกรงอุดตัน หรือเกิดการเน่าเหม็นได้

2) การบดหรือการตัด (Comminutor) ในกรณีที่ของลอยเป็นสิ่งที่เน่าเปื่อยได้ ซึ่งอาจจะเน่าเหม็นเมื่อนำไปตาก หรือสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมากถ้าจะนำไปเผา เช่น เศษอาหาร หรือของลอยมีขนาดใหญ่ซึ่งอาจทำให้เครื่องสูบอุดตันได้อาจใช้เครื่องบดหรือตัดให้ละเอียดกลายเป็นของละลายไป หรือมีขนาดเล็กลงไม่ทำให้เครื่องสูบอุดตัน เครื่องบดที่ใช้มีชื่อเรียกต่าง ๆ กันเช่น Maserator, Comminutor, Mutrator ฯลฯ

น้ำโสโครกจากโรงงานอุตสาหกรรมโดยมากมักไม่มีของลอยเป็นชิ้นใหญ่ ๆ การแยกของไม่ละลายดังกล่าวแล้วทั้งสองวิธีจึงไม่สำคัญมากนักในการกำจัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม

3) การกวาด (Skimming) ใช้กับสิ่งสกปรกที่ลอยติดมากับน้ำโสโครกซึ่งอาจแยกออกได้โดยใช้กระดานกวาดหน้า วางขวางทางน้ำไหลในถังตะกอน สิ่งที่ออกมาจะติดค้างอยู่กับหน้ากระดาน กวาดลอยปล่อยให้น้ำโสโครกไหลลอดใต้กระดานไป สิ่งที่ติดค้างอยู่จะต้องกวาดออกไปทำลายเสมอ ๆ มิฉะนั้นมันจะสะสมกันจนหนาเกินกว่าที่กระดานจะกันไว้ได้ ในกรณีที่ของลอยเป็นของเหลว เช่น น้ำมัน หรือไขมัน อาจทำทางล้นไปให้ไหลแยกไปอีกทางหนึ่งได้

4) การทำให้ลอย (Floatation) ใช้ในการแยกของลอยที่เป็นอนุภาคเล็ก ๆ ซึ่งตกตะกอนได้ยาก ใช้เครื่องแยกที่เรียกว่า *Floatator* ซึ่งจะอัดอากาศเข้าไปในน้ำโสโครก เพื่อให้ฟองอากาศไปเกาะกับอนุภาคของลอย ทำให้เบาขึ้นอีก และลอยขึ้นผิวน้ำ รวมตัวกันหนาแน่นพอที่จะกวาดออกได้ง่าย

5) การตกตะกอน (Sedimentation) เป็นขบวนการแยกเอาสิ่งสกปรกที่ไม่ละลายน้ำออกจากน้ำโสโครก โดยการกักน้ำโสโครกไว้เป็นระยะเวลาหนึ่งในถังหรือในบ่อตกตะกอน เพื่อลดความเร็วในการไหลของน้ำโสโครกลง จนกระทั่งตะกอนต่าง ๆ จมลงสู่ก้นถังโดยน้ำหนักของมันเอง

การตกตะกอนแยกเอาของแข็งออกจากน้ำโสโครกนั้น สามารถที่จะลดค่า บี.โอ.ดี.ของน้ำโสโครกได้มาก ถ้าตะกอนของแข็งนั้นเป็นสารอินทรีย์ การกำจัดสิ่งสกปรกออกจากน้ำโสโครกด้วยวิธีการตกตะกอนจึงจัดว่าเป็นการกำจัดขั้นต้น (Primary Treatment) ส่วนการกำจัดโดยใช้ตะแกรง หรือ เครื่องบดนั้น จัดว่าเป็นการกำจัดขั้นเตรียมการ (Preliminary Treatment)

นอกจากนี้ยังมีวิธีการอื่น ๆ อีก เช่น การกรอง (Filtration) การแยกด้วยแรงเหวี่ยง (Centrifugation) ฯลฯ

2. ขบวนการกำจัดสิ่งที่ละลายน้ำ

สิ่งที่ละลายปนอยู่ในน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมจะมีทั้งสารอินทรีย์และอนินทรีย์ ซึ่งจะมีชนิดใดมากนั้นขึ้นอยู่กับโรงงานอุตสาหกรรมแต่ละประเภท ขบวนการกำจัดสิ่งที่ละลายน้ำนั้นมีอยู่ 4 ขบวนการคือ ขบวนการทางเคมี ขบวนการทางชีววิทยา ขบวนการทางฟิสิกส์เคมี และการใช้ที่ดินกำจัดน้ำเสีย

1. ขบวนการทางเคมี (Chemical Treatment) ใช้กำจัดสิ่งสกปรกที่เป็นสารอนินทรีย์ต่าง ๆ ซึ่งมีอยู่ 4 วิธี คือ

1. การทำให้เป็นกลาง (Neutralization) น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมโดยทั่วไปมักจะมีคุณลักษณะเป็นกรด หรือเป็นด่าง แต่ตามมาตรฐานของกระทรวงอุตสาหกรรมน้ำทิ้งที่จะระบายลงลำน้ำสาธารณะ จะต้องมีค่า pH ระหว่าง 5-9 ดังนั้นการปรับค่า pH หรือการทำให้เป็นกลางจึงเป็นหน่วยการกำจัดที่สำคัญที่ใช้กันทั่วไป น้ำทิ้งที่มีคุณลักษณะเป็นด่างจะใช้กรดในการลดค่า pH ซึ่งกรดที่นิยมใช้ ได้แก่ กรดกำมะถันเข้มข้น หรือกรดเกลือความเข้มข้น 35% ส่วนด่างที่ใช้ในการเพิ่มค่า pH ที่ใช้กันทั่วไป ได้แก่ โซดาไฟ (caustic soda, NaOH) และปูนขาว (lime, CaO) แต่มักจะนิยมใช้ปูนขาว เพราะมีราคาถูกและทำให้เกิดการตกตะกอนด้วย มีข้อเสียตรงที่อาจทำให้เกิดตะกรันในเส้นท่อได้

2. *การทำให้เกิดตะกอน* ***(Precipitation)*** Precipitation ต่างกับ Coagulation เพราะ Precipitation เป็นการเติมสารลงไปในน้ำทิ้งเพื่อให้ทำปฏิกิริยากับสิ่งสกปรกที่ละลายอยู่ในน้ำทิ้งเกิดเป็นตะกอนหนักซึ่งจมตัวได้ ส่วน Coagulation เป็นการเติมสารเคมีเพื่อช่วยให้สิ่งสกปรกที่เป็นตะกอนขนาดเล็กรวมตัวกันเป็นตะกอนขนาดใหญ่ซึ่งจะจมตัวได้เร็วขึ้น ตัวอย่างการกำจัดน้ำทิ้งด้วยการทำให้เกิดตะกอนได้แก่ การกำจัดฟอสเฟต สารละลายตะกั่ว และสังกะสีด้วยปูนขาว ในทางปฏิบัติ Precipitation มักจะถูกเรียกรวม ๆ กันไปเป็น Coagulation เพราะมีหลักการปฏิบัติเหมือนกัน คือ ต้องมีการผสมเร็วและการกวนช้าเช่นเดียวกัน

3. *การเติมหรือลดออกซิเจน* ***(Oxidation-Reduction)*** เป็นวิธีการทางเคมีที่ใช้กันมากในการกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานชุบโลหะ ซึ่งมีสารประกอบของโลหะต่าง ๆ เจือปนอยู่ในการกำจัดเติมสารเคมีลงไปเพื่อให้ทำปฏิกิริยา เติมออกซิเจนหรือลดออกซิเจนกับสารประกอบที่ต้องการกำจัด ทำให้สารประกอบนั้นเปลี่ยนรูปไปเป็นรูปอื่นที่ไม่มีพิษ หรือตกตะกอนได้ สารเคมีที่ใช้เป็นตัวเติมออกซิเจน ได้แก่ อากาศ ออกซิเจน โอโซน คลอรีน ไฮโปคลอไรท์ เปอร์แมงกาเนต โครเมท และไนเตรท ตัวลดออกซิเจน ได้แก่ เฟอรัสซัลเฟต โซเดียมเมตา-ไบซัลไฟท์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ฯลฯ

ตัวอย่างการกำจัดน้ำทิ้งด้วยวิธีการเติมออกซิเจน ได้แก่ การกำจัดไซยาไนด์ในน้ำทิ้งของโรงงานชุบโลหะ สารเคมีที่ใช้คือ คลอรีน หรือไฮโปคลอไรท์ ประมาณ 80-90% ของไซยาไนด์จะถูกเปลี่ยนเป็นไซยาเนทซึ่งไม่เป็นพิษภายใน 2 นาที

ส่วนตัวอย่างการกำจัดน้ำทิ้งด้วยวิธีลดออกซิเจน ได้แก่ การกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานชุบโลหะที่มีสารประกอบโครเมท หรือกรดโครมิคละลายปนอยู่ การกำจัดจะใช้เฟอรัสซัลเฟตไปทำปฏิกิริยากับโครเมท ซึ่งปฏิกิริยาจะเกิดได้ดีที่ pH ต่ำกว่า 3 จึงต้องเติมกรดกำมะถันลงไปด้วย จากนั้นจึงเติมปูนขาวลงไปเพื่อตกตะกอนโครมิคซัลเฟต และเฟอริคซัลเฟต

4. *การเติมคลอรีน หรือสารประกอบคลอรีนลงไปในน้ำทิ้ง* ***(Chlorination)*** มีจุดมุ่งหมายเพื่อฆ่าเชื้อโรคที่เป็นแบคทีเรียและไวรัส นอกจากนี้ยังใช้เพื่อประโยชน์ในการกำจัดกลิ่น การควบคุมการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต การลดค่า BOD ในอัตราส่วนคลอรีน 1 ส่วน ทำลาย BOD 2 ส่วน ฯลฯ แต่ประโยชน์ที่สำคัญที่สุดของคลอรีนได้แก่ การฆ่าเชื้อโรคเท่านั้น สารประกอบคลอรีนที่ใช้มากที่สุด ได้แก่ แคลเซียมหรือโซเดียมไฮโปคลอไรท์
ส่วนตะกอนแบคทีเรียที่จมอยู่ก้นถังตกตะกอนส่วนใหญ่จะถูกสูบไปเข้าถังเติมอากาศใหม่เพื่อใช้ย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำทิ้ง

2. ขบวนการทางชีววิทยา (Biological Treatment) หลักการการกำจัดน้ำทิ้งด้วยวิธีชีววิทยาเป็นวิธีการที่ใช้กันมากที่สุดในการกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งที่อยู่ในรูปของสารละลาย

และอนุภาคคอลลอยด์ โดยใช้จุลินทรีย์ซึ่งส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียไปทำลายสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งด้วยปฏิกิริยาชีวเคมีแบบใช้ออกซิเจน และแบบไม่ใช้ออกซิเจน ดังนั้นการกำจัดน้ำทิ้งด้วยวิธีชีววิทยาจึงแบ่งตามปฏิกิริยาชีวเคมีออกได้เป็นการกำจัดแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic Treatment) และการกำจัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Treatment)

1. ระบบกำจัดแบบใช้ออกซิเจน การกำจัดน้ำทิ้งด้วยวิธีชีววิทยาแบบใช้ออกซิเจนมีหลายระบบเริ่มตั้งแต่ระบบ สระผึ่งน้ำ ที่อาศัยธรรมชาติมากที่สุด ไม่มีเครื่องจักรอุปกรณ์ใด ๆ เลย จนถึงระบบเลี้ยงตะกอนที่ยุ่งยาก และใช้เครื่องจักรกลมากที่สุด แต่ระบบกำจัดต่าง ๆ เหล่านี้อาศัยหลักการเดียวกันคือ ใช้แบคทีเรียเป็นตัวกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งด้วยปฏิกิริยาแบบใช้ออกซิเจน ดังนั้นระบบกำจัดแต่ละระบบจึงแตกต่างกันตรงวิธีการให้ออกซิเจนแก่แบคทีเรียและการควบคุมปฏิกิริยาของแบคทีเรีย

ในการกำจัดแบบใช้ออกซิเจน น้ำทิ้งจะต้องมีอาหารเสริมสร้างอย่างเพียงพอ ให้มีอัตราส่วน BOD : N : P ประมาณ 100 : 5 : 1 นอกจากนี้น้ำทิ้งต้องมีคุณลักษณะที่ไม่ขัดต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย เช่น ต้องมีอุณหภูมิและ pH ที่เหมาะสม และไม่มีสารที่เป็นพิษต่อแบคทีเรีย ที่สำคัญที่สุด คือ ในน้ำทิ้งต้องมีปริมาณออกซิเจนพอเพียง มิฉะนั้นปฏิกิริยาแบบใช้ออกซิเจนจะกลายเป็นแบบไม่ใช้ออกซิเจน ทำให้น้ำทิ้งเน่าเหม็นซึ่งหมายถึงความล้มเหลวของระบบกำจัดแบบนี้ ระบบกำจัดแบบใช้ออกซิเจน จะแบ่งออกได้เป็น 2 พวกใหญ่ ๆ คือ

1) พวกที่แบคทีเรียอยู่ในลักษณะแขวนลอย ได้แก่ ระบบ Oxidation Pond, Aerated lagoons, และ Activated sludge

(1) บ่อผึ่งน้ำ (Oxidation Ponds) เป็นบ่อใหญ่มีความลึกตั้งแต่ 50 ซม. ถึง 1.50 ม. พื้นที่ของบ่อจะขึ้นอยู่กับปริมาณของ BOD บ่ออาจจะเป็นบ่อดินธรรมดาหรือกรุด้วยวัสดุบางชนิดเพื่อป้องกันไม่ให้น้ำทิ้งซึมออกไปได้ น้ำทิ้งจะขังอยู่ในบ่อชั่วระยะเวลาหนึ่ง การทำลายอินทรีย์และการเติมออกซิเจนอาศัยปฏิกิริยา ซิมไบโอซิสระหว่างแบคทีเรียกับสาหร่ายสีเขียว แบคทีเรียซึ่งมีอยู่ในน้ำทิ้งจะใช้สารอินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำเป็นอาหารโดยใช้ออกซิเจนไปสันดาปกับสารอินทรีย์เพื่อให้เกิดพลังงานในการดำรงชีวิต ในการสันดาปจะได้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาเป็นผลิตผลพลอยได้ด้วย สาหร่ายสีเขียวก็จะใช้คาร์บอนไดออกไซด์ และแสงแดดในขบวนการสังเคราะห์แสงเพื่อสร้างอาหาร ในการนี้จะได้ออกซิเจนเป็นผลพลอยได้ ซึ่งแบคทีเรียจะนำไปใช้เป็นประโยชน์ จึงเป็นปฏิกิริยาหมุนเวียนกันต่อไปเรื่อย ๆ ทำให้ปริมาณของสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งลดลง ปฏิกิริยานี้จะเกิดเร็วขึ้นในบริเวณที่มีอากาศร้อนและมีแสงแดดมาก ระบบนี้จึงต้องใช้บ่อขนาดใหญ่กินเนื้อที่มาก เพราะประสิทธิภาพของระบบขึ้นอยู่กับปริมาณออกซิเจนที่จะได้จากการสังเคราะห์แสง

ในการจัดรูประบบนั้น บ่อผึ่งน้ำจะประกอบด้วยบ่อสองหรือสามบ่อเรียงกันแบบอนุกรม บ่อที่สองและสามจะทำให้น้ำทิ้งสะอาดยิ่งขึ้น โดยการตกตะกอนสาหร่ายและลดค่า BOD ต่อไปอีก นอกจากการจัดรูประบบแบบอนุกรมแล้วยังอาจจัดรูประบบแบบขนาน หรือแบบขนานผสมกับแบบอนุกรม

(2) บ่อกวนน้ำ (Acrated Lagoon) จัดเป็นระบบกำจัดที่ใช้แพร่หลายมากที่สุดระบบหนึ่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งโรงงานกระดาษ โรงงานทอผ้า และโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร ถังปฏิกิริยาของระบบนี้คือ บ่อขนาดใหญ่ ลึกไม่น้อยกว่า 2 เมตร ปฏิกิริยาการทำลาย BOD โดยแบคทีเรียจะเร็วกว่าปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในบ่อผึ่งน้ำ เพราะมีการเติมออกซิเจนด้วยเครื่องมือกล จึงทำให้การเจริญของแบคทีเรียไม่ถูกจำกัดด้วยอัตราการเติมออกซิเจนเช่นในบ่อผึ่งน้ำ เนื่องจากบ่อที่ใช้ในระบบนี้ลึกกว่าบ่อผึ่งน้ำมาก และปฏิกิริยาการทำลาย BOD เร็วกว่าหลายเท่า สำหรับปริมาณ BOD เท่ากัน ระบบบ่อกวนน้ำจึงใช้พื้นที่น้อยกว่าบ่อผึ่งน้ำประมาณ 8-10 เท่า ระบบนี้แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

ก. Aerobic lagoons ได้แก่ บ่อที่กำลังเครื่องเติมอากาศพอเพียงที่จะกวนน้ำในบ่ออย่างทั่วถึงจนไม่มีการตกตะกอนเกิดขึ้นในบ่อ ปฏิกิริยาชีวเคมีที่เกิดขึ้นในบ่อจะเป็นแบบใช้ออกซิเจนตลอดความลึก โดยปกติน้ำทิ้งที่ออกจากบ่อกำจัดแบบนี้จะค่อนข้างขุ่น จำเป็นต้องแยกตะกอนออกโดยการตกตะกอนในถังหรือบ่อก่อน

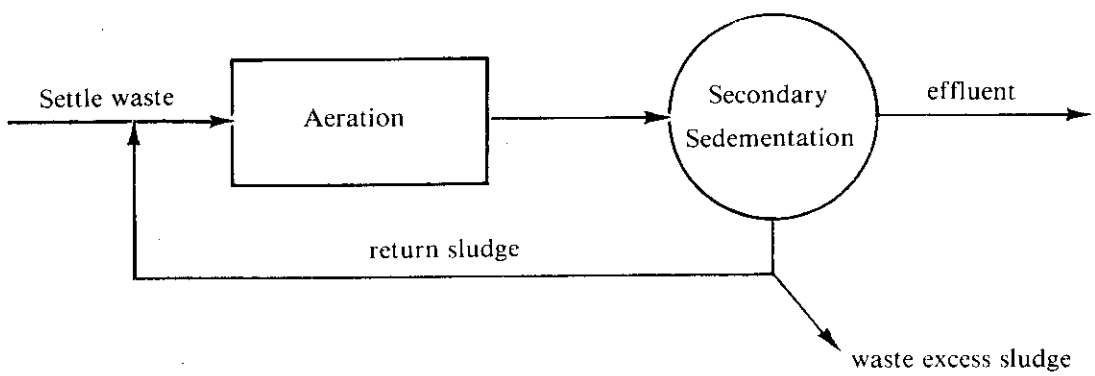
ข. Facultative lagoons ได้แก่ บ่อที่กำลังเครื่องเติมอากาศพอเพียงที่จะให้ออกซิเจนแก่แบคทีเรียตามปริมาณที่ต้องการ แต่ไม่เพียงพอที่จะกวนน้ำในบ่ออย่างทั่วถึง ทำให้เกิดการตกตะกอนในบ่อ ตะกอนจะถูกย่อยสลายด้วยปฏิกิริยาชีวเคมีแบบไม่ใช้ออกซิเจน

ข้อดีของระบบบ่อกวนน้ำ คือ การควบคุมดูแลทำได้ง่าย ค่าก่อสร้างต่ำ ไม่ใช้พื้นที่ดินมากจนเกินไป ไม่มีปัญหาการกำจัดกากตะกอน รับ shock load ได้ดี เพราะมีปริมาตรมาก ไม่มีกลิ่นเหม็นและเหตุเดือดร้อนรำคาญอย่างอื่น และประสิทธิภาพสูงพอสมควรโดยระยะเวลากักพักในบ่อกวนน้ำประมาณ 5 วัน จะทำให้ค่า BOD ลงจาก 300 มก./ล. เป็น 10 มก./ล.

(3) ระบบกำจัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอน (Activated Sludge) ระบบนี้เป็นระบบกำจัดที่ใช้เครื่องจักรกลมากที่สุด จึงสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและเงินลงทุนมากกว่าระบบอื่น การควบคุมและรักษาก็มาก แต่ต้องการพื้นที่น้อยจึงเหมาะที่จะใช้แต่เฉพาะในบริเวณที่ที่ดินราคาแพง ประสิทธิภาพในการลด BOD ของระบบนี้สูงมาก อาจสูงถึง 98% นอกจากนี้ไม่มีกลิ่นเหม็น ระบบกำจัดแบบนี้มีใช้อยู่ในประเทศไทยหลายแห่ง เช่น โรงงานเปปซี่ โรงงานโทเรไนลอนไทย เป็นต้น

ระบบเลี้ยงตะกอนมีแบบปลีกย่อยหลายแบบ แต่ทุกแบบมีหลักการเหมือนกันดังภาพที่ 10.1

กล่าวคือ ระบบจะต้องประกอบด้วยถังปฏิกิริยา ซึ่งเป็นถังเติมอากาศ (Aeration Tank) และถังตกตะกอน (Sedimentation Tank) น้ำทิ้งที่ผ่านการตกตะกอนแยกเอาสิ่งที่ไม่ละลายน้ำออกไปซึ่งเป็นการกำจัด BOD ลงบ้างแล้วนั้นจะถูกสูบมาเข้าถังเติมอากาศเพื่อทำปฏิกิริยากับแบคทีเรีย อัตราการทำลาย BOD โดยแบคทีเรียจะถูกเร่งให้เร็วขึ้นโดยการเพิ่มทั้งปริมาณออกซิเจนและปริมาณแบคทีเรีย ดังนั้นแบคทีเรียจะทำลาย BOD ในน้ำทิ้งและเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็ว ปริมาณแบคทีเรียในถังเติมอากาศจะมีมากจนจับเป็นตะกอนชิ้นใหญ่ ๆ มีสีน้ำตาลเข้มและยังมีความสามารถพร้อมที่จะแยกออกจากกันเพื่อที่จะดูดซับและทำลายสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งได้ตลอดเวลา จึงเรียกตะกอนนี้ว่า Activated sludge น้ำผสมระหว่างน้ำทิ้งและตะกอนแบคทีเรียในถังเติมอากาศเรียกว่า Mixed-Liquor ส่วนสำคัญที่สุดของถังเติมอากาศ ซึ่งจะทำหน้าที่ให้ออกซิเจนแก่แบคทีเรียและกวน Mixed-Liquor เพื่อให้ตะกอนแบคทีเรียอยู่ในลักษณะแขวนลอยกระจายไปทั่วถังเติมอากาศ หลังจากถูกกักอยู่ในถังเติมอากาศเป็นเวลาหลายชั่วโมงแล้ว Mixed-Liquor ก็จะถูกระบายไปสู่ถังตกตะกอนเพื่อแยกเอาตะกอนออกจะได้น้ำทิ้งที่ใสสะอาด และมีค่า BOD ต่ำ ส่วนตะกอนแบคทีเรียที่จมอยู่ก้นถังตกตะกอนส่วนใหญ่จะถูกสูบไปเข้าถังเติมอากาศใหม่เพื่อรักษาปริมาณแบคทีเรียในถังเติมอากาศให้คงที่ ส่วนตะกอนที่เหลือจะต้องกำจัดทิ้งต่อไป



รูปที่ 10.1 ระบบกำจัดน้ำทิ้งแบบเลี้ยงตะกอน

จะเห็นได้ว่า หลักการที่แท้จริงของระบบกำจัดแบบเลี้ยงตะกอนก็คือ การเปลี่ยนสารอินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำทิ้งให้กลายเป็นตะกอนของจุลินทรีย์ ซึ่งสามารถจะแยกออกได้ง่ายโดยการตกตะกอน

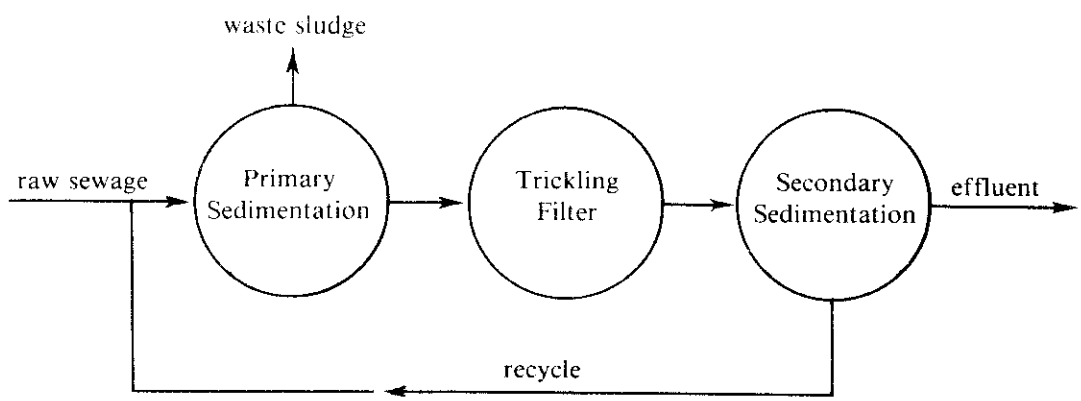
ระบบเลี้ยงตะกอนที่มีประสิทธิภาพนั้นจะต้องกำจัดน้ำโสโครกจนได้น้ำทิ้งที่มีค่า BOD และ SS ตามมาตรฐานที่กระทรวงอุตสาหกรรมวางไว้ คือ BOD : SS = 20 : 30 มก./ล. ระบบเลี้ยงตะกอนที่ดีจะเปลี่ยนสารอินทรีย์ไนโตรเย่น หรือแอมโมเนียเป็นไนเตรทได้มากที่สุด และที่

สำคัญต้องคำนึงถึงความยากง่ายในการตกตะกอนของจุลินทรีย์และการอัดตัวของตะกอนด้วย เพราะถ้าตะกอนตกไม่ดี เบาเกินไป น้ำทิ้งจะขุ่นและมี BOD สูงขึ้น

ระบบเลี้ยงตะกอนจะทำงานอย่างมีประสิทธิภาพได้ก็ต่อเมื่อสภาวะแวดล้อมใน Miked Liquor เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์ เช่น ต้องมีออกซิเจนไม่น้อยกว่า 0.5 มก./ล. ตลอดเวลา มีอาหารเสริมสร้างพอเพียงที่สำคัญได้แก่ ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ในอัตราส่วน BOD : N : P = 100 : 5 : 1 และค่า pH ต้องอยู่ในช่วง 6.5-9.0 และอัตราการทำลายจะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิ แต่ไม่ควรเกิน 40°ซ.

2) พวกที่แบคทีเรียยึดเกาะกับตัวกลางอย่างหนึ่ง ซึ่งอาจอยู่กับที่ ได้แก่ ระบบ Trickling filter หรือเคลื่อนที่ ได้แก่ระบบ Biological discs.

(1) ลานกรอง (Trickling Filter) ระบบกำจัดแบบนี้อาศัยจุลินทรีย์ซึ่งเลี้ยงไว้บนก้อนหิน โดยที่จุลินทรีย์จะจับตัวกันเป็นเมือกหนาประมาณ 2-3 มม. อยู่บนก้อนหิน ซึ่งมีขนาดโดยเฉลี่ยประมาณ 2-3.5 นิ้ว ก้อนหินทั้งหมดควรจะมีขนาดใกล้เคียงกันกองอยู่เป็นลาน มีความสูง 2-3 ม. ใต้ลานกรองจะต้องมีทางระบายน้ำที่กรองแล้วออกไป ในภาพที่ 10.2 น้ำทิ้งที่จะผ่านเข้าลานกรองจะต้องแยกเอาตะกอนของแข็งออกเสียก่อนโดยผ่านถังตกตะกอน จากนั้นน้ำโสโครกจะถูกโปรยลงบนลานหิน น้ำโสโครกส่วนใหญ่จะไหลผ่านลานหินไปอย่างรวดเร็วในขณะที่ส่วนน้อยจะไหลช้า ๆ เป็นหยด ๆ ผ่านหินแต่ละก้อน จุลินทรีย์ที่เกาะอยู่บนก้อนหินก็จะดูดซึมเอาสารอินทรีย์ต่าง ๆ เข้าไป และในขณะเดียวกันก็จะทำลายสารอินทรีย์ด้วยปฏิกิริยาแบบใช้ออกซิเจนเมือกแบคทีเรียจึงเติบโตหนาขึ้นจนในที่สุดแบคทีเรียชั้นในที่เกาะกับก้อนหินจะตายเนื่องจากขาดอาหาร จึงทำให้เมือกแบคทีเรียหลุดออกจากก้อนหินปะปนไปกับน้ำทิ้ง น้ำทิ้งที่ระบายออกจากถังปฏิกิริยาจะผ่านไปเข้าถังตกตะกอนเพื่อแยกเอาตะกอนเมือกแบคทีเรียออก ตะกอนนี้เรียกว่า Humus Sludge ซึ่งมีไม่มากนัก แต่ก็ต้องนำไปกำจัดต่อไป



รูปที่ 10.2 แผนผังของระบบการกำจัดแบบจานกรอง

(2) *ระบบจานกรอง (Bio-Discs)* หลักการคล้ายกับระบบลานกรอง คือ เลี้ยงแบคทีเรียให้เกาะเป็นเมือกรอบตัวกลาง แต่ในระบบนี้เมือกแบคทีเรียจะไม่อยู่นิ่ง น้ำทิ้งจะถูกระบายเข้าถังรูปครึ่งทรงกระบอก ตัวกลางที่ให้เมือกแบคทีเรียเกาะเป็นแผ่นพลาสติกหรือแผ่นโฟมกลมมีหลายขนาด ใหญ่ที่สุดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1.5 เมตร แผ่นกลมหรือ Disc นี้มีหลายแผ่นขึ้นอยู่กับปริมาณ BOD ที่จะกำจัด จะร้อยอยู่บนเพลากลางผ่านจุดศูนย์กลางของแต่ละแผ่น ระยะห่างระหว่างแผ่นประมาณ 1/2-1 นิ้ว เพลาจะวางตามยาวและยึดอยู่บนขอบหัวถังและปลายถัง ทำให้แผ่นพลาสติกจมอยู่ในน้ำทิ้งประมาณเกือบครึ่งแผ่น เพลาจะถูกขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ให้หมุนไปช้า ๆ ประมาณ 2-10 รอบ/นาที ทำให้ส่วนหนึ่งของแผ่นพลาสติกขึ้นมาสัมผัสกับอากาศ ในขณะที่อีกส่วนหนึ่งจมอยู่ในน้ำทิ้ง ซึ่งระยะช่วงนี้แบคทีเรียจะดูดซึมสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งและจะทำลายเมื่อได้รับออกซิเจนจากอากาศ เมือกแบคทีเรียจะหนาประมาณ 2-3 มม. บางส่วนที่ตายจะหลุดร่วงไปปนกับน้ำทิ้งที่ไหลออกจากถังผ่านเข้าถังตกตะกอนเพื่อแยกตะกอนออกไปกำจัดต่อไป ระบบนี้มีประสิทธิภาพสูงทัดเทียมกับระบบเลี้ยงตะกอน แต่มีข้อดีเหนือกว่าหลายประการ เช่น ควบคุมและบำรุงรักษาง่าย ต้านทาน shock load ได้ดี ค่าใช้จ่ายในการกำจัดต่ำ ข้อเสียคือ ต้องมีหลังคาคลุมเพื่อไม่ให้เมือกแบคทีเรียโดนฝนชะ ค่าก่อสร้างและพื้นที่ดินที่ต้องการไล่เลี่ยกับของระบบเลี้ยงตะกอน

2. *ระบบกำจัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน* การกำจัดน้ำทิ้งด้วยวิธีชีววิทยาแบบไม่ใช้ออกซิเจนจะมีข้อดีกว่าการกำจัดแบบใช้ออกซิเจนหลายประการ ที่สำคัญได้แก่

1. ในปฏิกิริยาแบบไม่ใช้ออกซิเจน สารอินทรีย์ที่แบคทีเรียย่อยสลายได้ประมาณ 80-90% จะถูกทำลายเป็นแก๊สมีเธน และคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนที่ถูกนำไปสังเคราะห์สร้างเซลจึงมีน้อยมาก ส่วนในปฏิกิริยาแบบใช้ออกซิเจนนั้น สารอินทรีย์ประมาณ 50% จะถูกนำไปใช้ในการสร้างเซล ดังนั้นการกำจัดน้ำทิ้งด้วยวิธีแบบไม่ใช้ออกซิเจนจึงมีปัญหาการกำจัดกากตะกอนน้อยมาก เมื่อเทียบกับปัญหาการกำจัดกากตะกอนของการกำจัดแบบใช้ออกซิเจน เช่นระบบเลี้ยงตะกอน

2. ในการกำจัดน้ำทิ้งด้วยวิธีชีววิทยาแบบไม่ใช้ออกซิเจน ปริมาณอาหารเสริมสร้างที่ต้องการจะน้อยกว่าในระบบใช้ออกซิเจนมาก เพราะการเติบโตของแบคทีเรียมีอัตราต่ำ

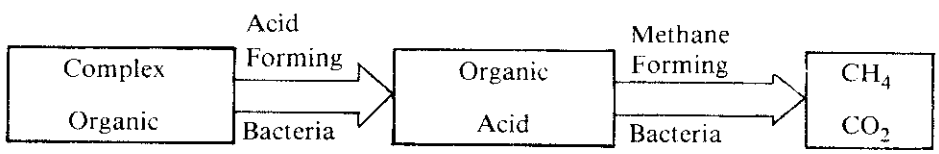
3. การที่ไม่ต้องใช้ออกซิเจนจะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดลงได้มาก

4. ได้แก๊สมีเธน ซึ่งอาจนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงได้

อย่างไรก็ตามการกำจัดน้ำทิ้งแบบไม่ใช้ออกซิเจน มีข้อเสียที่สำคัญ คือ แบคทีเรียที่ใช้ในการกำจัดเจริญเติบโตได้ช้า จึงทำให้ต้องใช้เวลานานในการเริ่มต้นระบบกำจัด และระบบ

กำจัดปรับตัวได้ไม่ดีนักต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำทิ้ง ปริมาณ บีโอดี อุณหภูมิ และสภาพแวดล้อมอื่น ๆ นอกจากนี้ในการกำจัดจะเกิดแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ขึ้นด้วย ซึ่งทำให้มีกลิ่นเหม็นและน้ำทิ้งอาจมีสีดำได้ เนื่องจากไฮโดรเจนซัลไฟด์ทำปฏิกิริยากับสารประกอบของโลหะต่าง ๆ ในน้ำทิ้งเกิดเป็นสารประกอบซัลไฟด์ซึ่งมีสีดำ

ปฏิกิริยาชีวเคมีแบบไม่ใช้ออกซิเจนจะเกิดขึ้นเป็น 2 ขั้น (ดังในแผนผังรูปที่ 10.3) ในขั้นแรกสารอินทรีย์ต่าง ๆ ในน้ำทิ้ง เช่น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรท ซึ่งเป็นสารเคมีโมเลกุลใหญ่จะถูกแบคทีเรียพวก Facultative และ Anaerobic กลุ่มหนึ่งเรียกว่า Acid Formers แยกสลายเป็นกรดอินทรีย์โมเลกุลเล็ก ๆ หลายชนิด ที่สำคัญที่สุดได้แก่กรดอาซีติก และกรดโพรพิออนิค



รูปที่ 10.3 ปฏิกิริยาชีวเคมีแบบไม่ใช้ออกซิเจน

ที่มา : เสริมพล รัตสุข และ ไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์. 2518.

ในขั้นที่สอง กรดอินทรีย์ต่าง ๆ จะถูกแบคทีเรียพวก Methane formers (ซึ่งเป็นพวกที่ไม่ต้องการออกซิเจนเลย) ทำลายกลายเป็นแก๊สต่าง ๆ ที่สำคัญได้แก่ มีเธน และคาร์บอนไดออกไซด์ เนื่องจากแบคทีเรียกลุ่มนี้เจริญเติบโตได้ช้า โดยทั่วไปจึงต้องใช้เวลาอยู่ในระบบกำจัดนานกว่า 4 วัน ปริมาณแก๊สมีเธนที่เกิดขึ้นจะแสดงถึงประสิทธิภาพของระบบกำจัด ในการทำลาย Ultimate BOD หรือ COD 1 ปอนด์ จะเกิดแก๊สมีเธนขึ้นประมาณ 5.62 ฟ.^{3} ที่สภาวะมาตรฐาน (STP) คือ อุณหภูมิ 32°ฟ. และความกดดัน 1 บรรยากาศ

ระบบกำจัดแบบไม่ใช้ออกซิเจนจะต้องมีสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่สำคัญได้แก่

1. อุณหภูมิ ปฏิกิริยาชีวเคมีแบบไม่ใช้ออกซิเจนจะเกิดขึ้นได้ดีที่สุดที่ช่วงอุณหภูมิ 2 ช่วง คือ ช่วง Mesophillic ระหว่าง 30-38°ซ. และช่วง Thermophillic ระหว่าง 48-57°ซ. ในต่างประเทศที่อยู่ในเขตหนาว จำเป็นจะต้องเพิ่มอุณหภูมิของน้ำทิ้งอยู่ในช่วง Mesophillic แต่สำหรับประเทศไทยนั้นระบบกำจัดจะทำงานอยู่ในช่วง Mesophillic ได้เองโดยไม่ต้องใช้ความร้อนช่วย

2. สภาพไร้ออกซิเจน น้ำทิ้งในถังปฏิกิริยาต้องไม่มีออกซิเจนเหลืออยู่เลย เนื่องจากออกซิเจนเป็นอันตรายต่อแบคทีเรียที่สร้างแก๊สมีเธน

3. อาหารเสริมสร้างสำหรับการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย อัตราส่วนระหว่าง BOD: N : P จะเป็นเพียง 100 : 1 : 0.2 ซึ่งต่ำกว่าอัตราส่วน BOD : N : P ประมาณ 100 : 5 : 1 ของระบบกำจัดแบบใช้ออกซิเจน

4. pH ค่า pH ที่เหมาะสมต่อการกำจัดแบบไม่ใช้ออกซิเจนอยู่ในระหว่าง 6.6-7.6 ถ้า pH ต่ำกว่า 6.2 ประสิทธิภาพจะลดลงอย่างรวดเร็ว เพราะสภาวะที่เป็นกรดนั้นจะเป็นอันตรายต่อแบคทีเรียพวก Methane formers

5. สารที่เป็นพิษ ในระบบกำจัดจะต้องไม่มีสารที่เป็นพิษต่อแบคทีเรีย สารที่เป็นพิษได้แก่สารประกอบของโลหะ เช่น โซเดียม โปตัสเซียม แมกนีเซียม แคลเซียม ฯลฯ ถ้ามีความเข้มข้นสูงเกินไป

ระบบกำจัดน้ำทิ้งแบบไม่ใช้ออกซิเจนมี 4 ระบบ ดังนี้

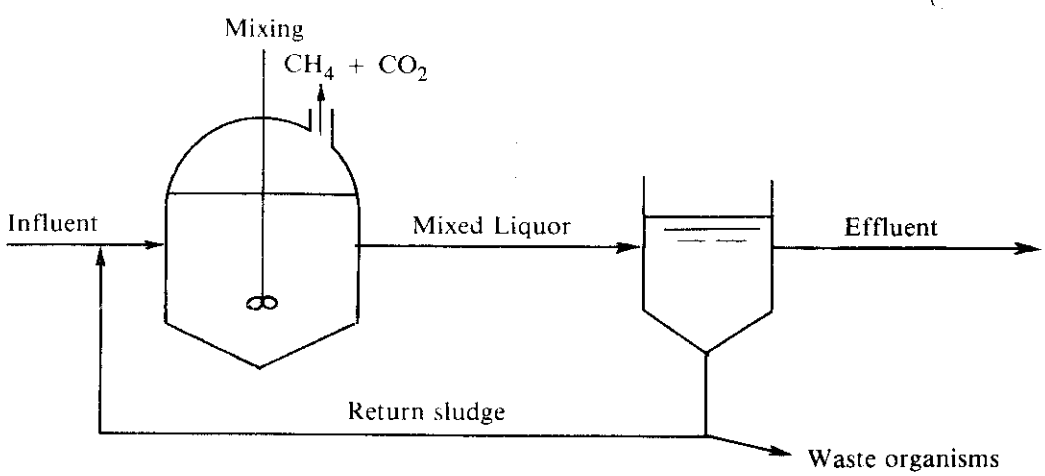
(1) ระบบบ่อหมัก (Anaerobic Lagoons) ระบบนี้เป็นวิธีกำจัดแบบไม่ใช้ออกซิเจนที่ง่ายที่สุด ซึ่งเทียบเคียงได้กับระบบบ่อผึ่งน้ำ กล่าวคือเป็นระบบที่ไม่ใช้เครื่องจักรกลและอาศัยธรรมชาติมากที่สุด ตัวบ่อหมักเป็นบ่อดินขนาดใหญ่อีก 2-3 เมตร น้ำทิ้งจะใช้เวลาอยู่ในบ่อหลายวันก่อนที่จะไหลล้นออกไปในระหว่างที่น้ำทิ้งอยู่ในบ่อสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งจะถูกแบคทีเรียทำลายด้วยปฏิกิริยาชีวเคมีแบบไม่ใช้ออกซิเจน ทำให้น้ำทิ้งเน่าเหม็นมีสีดำ และมีค่า BOD ลดลง ระบบบ่อหมักเหมาะสำหรับกำจัดน้ำทิ้งที่มีค่า BOD สูง และเหมาะกับที่ดินมีราคาไม่แพงนัก ใช้ที่ดินน้อยกว่าระบบบ่อผึ่งน้ำประมาณ 10-30 เท่า ข้อเสียของระบบบ่อหมัก คือ ปัญหาเรื่องกลิ่นเป็นที่รำคาญ ระบบบ่อหมักมีใช้อยู่หลายแห่งในประเทศไทย เช่น ที่โรงงานฆ่าสัตว์สุขาภิบาลบางแค โรงงานน้ำตาลบริเวณแม่น้ำแม่กลอง โรงงานกำจัดน้ำทิ้งกลางของกรมโรงงานอุตสาหกรรม และโรงงานแป้งมันสำปะหลังหลายแห่งที่ชลบุรี และระยอง

ระบบบ่อหมักโดยปกติจะประกอบด้วย บ่อหมักหลายบ่อเรียงกันแบบอนุกรม เพื่อลดค่า BOD ของน้ำทิ้งลงไปเป็นขั้น ๆ จนค่า BOD ต่ำเหมาะแก่การกำจัดด้วยระบบใช้ออกซิเจน เพื่อให้น้ำทิ้งไม่เน่าเหม็นมีสีดำ และมีออกซิเจนพอสมควร

(2) ระบบถังหมักแบบธรรมดา (Conventional Anaerobic Digestion) เป็นระบบที่มีความยุ่งยากใช้เครื่องมือกลเพิ่มขึ้นจากระบบ Anaerobic Lagoon ระบบกำจัดประกอบด้วยถังปฏิกิริยาซึ่งเป็นถังคอนกรีตกลม มีฝาปิด เพื่อเก็บความร้อน กลิ่น แก๊ส และทำให้ภายในถังปฏิกิริยามีสภาพไร้ออกซิเจนอย่างแท้จริง บนฝาถังมีทางระบายแก๊สมีเธนออกเพื่อเผาทิ้ง หรือนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง น้ำทิ้งในถังปฏิกิริยาจะถูกกวนอยู่ตลอดเวลาโดยใช้เครื่องกวน การกวนจะทำให้แบคทีเรียสัมผัสสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งได้ทั่วถึงยิ่งขึ้น อัตราการทำลาย BOD ในระบบนี้จึงเร็วกว่าในระบบบ่อหมักมากและไม่ต้องมีการหมุนเวียนนำแบคทีเรียกลับมาใช้อีก ซึ่งเทียบได้

กับลักษณะการกำจัดในระบบบ่อกวนน้ำ ดังนั้นที่สถานะสมดุล ปริมาณแบคทีเรียที่เกิดขึ้นจะต้องเท่ากับปริมาณแบคทีเรียที่สูญเสียไปกับน้ำทิ้งที่ออกจากถังปฏิกิริยา มิฉะนั้นระบบกำจัดจะทำงานไม่ได้ผล เวลาที่ใช้ในการกำจัดจึงต้องนานมาก โดยทั่วไปจะใช้ระบบนี้มากำจัดน้ำทิ้งที่มีค่า BOD สูง ๆ (เกินกว่า 10000 มก./ล.) เช่น กากตะกอนจากระบบกำจัดแบบใช้ออกซิเจน และน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมบางชนิด เช่น โรงเหล้า โรงน้ำตาล ฯลฯ

(3) ระบบถังหมักแบบสัมผัส (Anaerobic Contact) เนื่องจากแบคทีเรียพวกสร้างมีเธนเจริญเติบโตได้ช้า ระบบกำจัดแบบถังหมักธรรมดาจึงต้องใช้เวลานานมาก ดังนั้นไม่เหมาะที่จะใช้ในการกำจัดน้ำทิ้งที่มีค่า BOD ต่ำ แต่มีปริมาณมาก เพราะจะต้องสร้างถังปฏิกิริยาขนาดใหญ่มาก ระบบนี้จึงใช้แก้ปัญหานี้ได้โดยอาศัยหลักการเดียวกับระบบเลี้ยงตะกอนในการกำจัดแบบใช้ออกซิเจน กล่าวคือมีการแยกตะกอนแบคทีเรียออกจากน้ำทิ้งที่ออกจากถังปฏิกิริยา แล้วนำตะกอนกลับมาใช้ในการกำจัดอีก ดังภาพที่ 10.4



รูปที่ 10.4 แผนผังระบบ Anaerobic contact หรือ Anaerobic Activated Sludge

ระบบนี้จะเหมาะสมสำหรับใช้ในการกำจัดน้ำทิ้งที่มีค่า BOD ปานกลาง ข้อยุ่งยากของระบบนี้คือ การแยกตะกอนแบคทีเรียออกจากน้ำทิ้งที่ระบายออกจากถังปฏิกิริยา เนื่องจากน้ำทิ้งมีแก๊สที่ละลายปนอยู่มาก ซึ่งแก๊สนี้จะพาตะกอนลอยขึ้นแทนที่จะจมลง ทำให้ต้องแก้ปัญหาโดยเอาน้ำทิ้งมากำจัดแก๊สเสียก่อนโดยใช้เครื่องไล่แก๊สสูญญากาศ เนื่องจากตะกอนไม่เข้มข้นนัก จึงทำให้ปริมาณน้ำตะกอนที่สูบกลับเข้าถังปฏิกิริยามากกว่าปริมาณน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบประมาณ 2-4 เท่า

(4) ระบบเครื่องกรองแบบไร้อากาศ (Anaerobic Filter) ระบบนี้มีหลักการคล้ายคลึง

กับระบบลานกรอง คือถังปฏิกิริยาเป็นถังกลมสูงประมาณ 2-3 เมตร ภายในถังมีตัวกลาง เช่น ก้อนหินบรรจุอยู่เต็ม น้ำทิ้งจะถูกปล่อยเข้ามาทางก้นถังแล้วไหลออกทางตอนบน แบคทีเรียที่เกิดขึ้นจะยึดเกาะตัวกลางและเกาะกันเป็นตะกอนติดอยู่ตามช่องว่างระหว่างตัวกลาง ระบบนี้จึงสามารถใช้กับน้ำทิ้งที่มีค่า BOD ไม่สูงนัก เช่นเดียวกับถังหมักแบบสัมผัส แต่ระบบเครื่องกรองแบบไร้อากาศจะง่ายกว่ามาก เพราะไม่ต้องมีการตกตะกอนและไม่ต้องมีการสูญตะกอนจากก้นถังมาเข้าถังปฏิกิริยาอีก ในต่างประเทศที่มีอากาศหนาวจะไม่นิยมใช้ระบบนี้เพราะถ้าน้ำทิ้งมีค่า BOD ต่ำกว่า 10000 มก./ล. แล้ว แก๊สมีเธนที่ได้จะมีปริมาณไม่มากพอที่จะใช้เป็นเชื้อเพลิงเพิ่มอุณหภูมิของน้ำทิ้งได้ จึงทำให้ค่าใช้จ่ายในการกำจัดสูงกว่าวิธีการกำจัดแบบใช้ออกซิเจน เช่น ระบบเลี้ยงตะกอน แต่สำหรับในประเทศไทยจะไม่มีปัญหาเรื่องการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำทิ้ง เพราะอุณหภูมิเหมาะสมอยู่แล้ว

การกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมด้วยวิธีใช้เครื่องกรองแบบไร้อากาศหรือแอนแอโรบิค ฟิลเตอร์ น่าจะเป็นวิธีที่เหมาะสำหรับประเทศไทย เพราะใช้เนื้อที่น้อย มีประสิทธิภาพการกำจัด ซีโอดีสูง และสามารถทนต่อสารเป็นพิษและยังรับการเปลี่ยนแปลง organic loading ตลอดจน pH ได้เป็นอย่างดี จึงไม่ต้องควบคุมดูแลระบบตลอดเวลาเหมือนกับระบบกำจัดแบบใช้ออกซิเจน

โดยทั่วไปแล้วน้ำทิ้งที่มีสารอินทรีย์อยู่มาก ค่า บีโอดี สูงเกินกว่า 3000 มก./ล. จะต้องกำจัดด้วยขบวนการชีววิทยาแบบไม่ใช้ออกซิเจนก่อน เพราะมีความทนทานต่อความเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ได้ดีกว่า เมื่อค่า บีโอดี ลดลง จึงกำจัดต่อไปด้วยขบวนการทางชีววิทยาแบบใช้ออกซิเจน ซึ่งจะมีประสิทธิภาพในการกำจัดสูง

3. **ขบวนการทางฟิสิกส์เคมี (Physical Chemical Treatment)** การกำจัดน้ำโสโครกด้วยขบวนการชีววิทยามีข้อเสียอยู่หลายประการ เช่น ความยากลำบากในการควบคุมดูแลสภาวะแวดล้อมในระบบกำจัดให้เหมาะสมกับการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์และอัตราการกำจัดยังขึ้นอยู่กับอัตราการกินอาหารของจุลินทรีย์ ดังนั้นการกำจัดจึงใช้เวลานานหลายชั่วโมง นอกจากนั้นตะกอนจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นซึ่งเน่าสลายได้จำเป็นจะต้องกำจัดต่อไป ด้วยเหตุนี้ในระยะหลัง ๆ จึงได้มีการศึกษาและวิจัยขบวนการกำจัดน้ำทิ้งโดยใช้ปฏิกิริยาฟิสิกส์เคมี ซึ่งใช้ในการกำจัดสิ่งสกปรกที่ละลายน้ำทั้งที่เป็นสารอินทรีย์และอนินทรีย์ โดยทั่วไปมักจะใช้ในการกำจัดขั้นสูงเพื่อกำจัดสิ่งสกปรกบางชนิดซึ่งละลายอยู่ในน้ำทิ้งด้วยความเข้มข้นที่ต่ำมาก และไม่เหมาะสมที่จะกำจัดโดยวิธีอื่น แต่ค่าใช้จ่ายในการกำจัดค่อนข้างสูงกว่าวิธีอื่น ๆ

การกำจัดน้ำทิ้งด้วยวิธีฟิสิกส์เคมี มีหลายวิธี เช่น Carbon Adsorption, Ion Exchange,

Gas Stripping, Reverse Osmosis, Ultrafiltration, Electrodialysis เป็นต้น แต่ที่นิยมใช้มาก คือ Carbon Adsorption และ Ion Exchange

1) การกำจัดน้ำทิ้งโดยการดูดซึมด้วยถ่าน (Carbon Adsorption) ใช้ถ่านดูดซึมซึ่งผลิตขึ้นด้วยขบวนการพิเศษ ทำให้เกิดมีรูพรุนมากมายบนพื้นผิว สามารถใช้แยกสิ่งสกปรกทั้งที่เป็นสารอินทรีย์และอนินทรีย์ เช่น ซีโอดี, บีโอดี, สี, กลิ่น, รส, ยาฆ่าแมลง ฯลฯ อัตราการดูดซึมจะขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิว ดังนั้นพื้นที่ผิวต่อหน่วยน้ำหนักจึงเป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่สุดของถ่านดูดซึม ถ่านดูดซึมจะมีพื้นที่ผิวประมาณ 500-1400 ม.^{2}/กรัม แต่โดยทั่วไปจะใช้ประมาณ 1000 ม.^{2}/กรัม เมื่อถ่านดูดซึมถูกใช้งานไปนาน ๆ รูพรุนของถ่านจะถูกอุดตันด้วยโมเลกุลของสิ่งสกปรก ทำให้ถ่านหมดประสิทธิภาพในการดูดซึม จึงมีการฟื้นคุณภาพถ่านเพื่อนำกลับไปใช้งานอีก ซึ่งอาจทำได้หลายวิธี แต่ที่นิยมใช้กันคือ นำถ่านดูดซึมไปเผา โดยควบคุมภาวะการเผาไหม้โมเลกุลของสิ่งสกปรกให้ระเหยออกมาและเผาไหม้ไป

การใช้ถ่านดูดซึมในการกำจัดน้ำทิ้งทำได้ 2 วิธี คือ นำถ่านมาผสมกับน้ำทิ้งแล้วกวนให้เข้ากันชั่วระยะเวลาหนึ่ง หรือใช้วิธีกรอง คือ นำถ่านดูดซึมมาใส่ถังทรงกระบอกหรือสี่เหลี่ยม-ผืนผ้าให้น้ำทิ้งไหลผ่านถ่านดูดซึมก็ได้

ข้อดีของระบบกำจัดแบบนี้ คือ

1. ใช้เวลาในการกำจัดน้อยมาก ประมาณ 45 นาที
2. ใช้พื้นที่น้อย
3. ไม่มีตะกอนสารอินทรีย์ซึ่งจะต้องกำจัด
4. ประสิทธิภาพสูง สามารถลดค่า บีโอดี และตะกอนแขวนลอยได้กว่า 90% และ 95%

2) การแลกเปลี่ยนอิออน (Ion Exchange) เป็นขบวนการแลกเปลี่ยนอิออนระหว่างสารละลายกับสารประกอบซึ่งไม่ละลายในสารละลายนั้น สารประกอบที่มีคุณสมบัติแลกเปลี่ยนได้นี้ เรียกว่า *Ion Exchange Resins* ซึ่งแบ่งได้เป็นสองประเภท คือ เรซินที่มีประจุลบจะแลกเปลี่ยนอิออนที่มีประจุบวก เช่น อิออนของโลหะต่าง ๆ และเรซินที่มีประจุบวกแลกเปลี่ยนอิออนที่มีประจุลบ เช่น อิออนของอโลหะต่าง ๆ เรซินที่มีประจุลบส่วนใหญ่จะเป็นสารประกอบประเภทโพลีเมอร์ที่สังเคราะห์ขึ้น ส่วนเรซินที่มีประจุบวกที่ใช้มากที่สุดเป็นสารประกอบสังเคราะห์พวกเอมีน (Amine) ขบวนการนี้จะนิยมใช้กันมากในการกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานชุบโลหะ และใช้ในการกำจัดแอมโมเนีย นอกจากนี้ยังเป็นขบวนการที่ใช้ในการแก้ความกระด้างของน้ำ และในการทำให้น้ำบริสุทธิ์ปราศจากแร่ธาตุ (Demineralization)

หลักการกำจัดอาจทำได้สองวิธี คือ แบบเป็นครั้งคราว น้ำทิ้งจะกวนผสมกับเรซินในถังปฏิกิริยา จากนั้นจึงแยกเรซินออกโดยการตกตะกอน หรือใช้การกำจัดแบบต่อเนื่อง เรซินจะ

บรรจุอยู่ในถังรูปทรงกระบอก น้ำทิ้งจะถูกปล่อยให้ไหลผ่านชั้นเรซินเช่นเดียวกับในระบบดูดซึมด้วยถ่านเมื่อใช้งานไปนาน ๆ เรซินจะหมดประสิทธิภาพ จึงต้องฟื้นคุณภาพโดยล้างเรซินด้วยน้ำเกลือ กรดหรือด่าง แล้วแต่ชนิดของเรซิน

3) **ขบวนการสตริปปิ้ง** ***(Stripping)*** เป็นขบวนการแยกแก๊สหรือสารประกอบที่ระเหยง่ายออกจากน้ำทิ้ง โดยให้น้ำทิ้งสัมผัสกับอากาศ ทำให้แก๊สหรือสิ่งสกปรกระเหยหนีไป วิธีนี้ใช้ในการกำจัดแอมโมเนีย แก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ คาร์บอนไดออกไซด์ และสารอินทรีย์ต่าง ๆ ที่ระเหยเป็นไอง่าย

นอกจากวิธีเหล่านี้ ยังมีวิธีที่พัฒนาขึ้นโดยใช้แผ่นเยื่อในการเอาสิ่งสกปรกต่าง ๆ ออกจากน้ำทิ้งที่ผ่านการตกตะกอนแล้ว สำหรับเยื่อต่าง ๆ ที่มีลักษณะกึ่งซึมซาบได้ ที่ใช้ในกรรมวิธีรีเวิสอ๊อสโมซิสนั้น อัตราการไหลของน้ำที่จะได้จะมีค่าต่ำลงมากในไม่กี่ชั่วโมง และแม้จะทำความสะอาดแล้วก็ยังไม่สามารถทำให้อัตราไหลกลับสูงขึ้นเท่าเดิม ต่อมาก็ได้มีการปรับปรุงผลิตเยื่อชนิดใหม่ขึ้นเพื่อการค้า เรียกว่าเยื่ออุลตราฟิลเตรชั่น ซึ่งมีรูขนาดใหญ่กว่าเยื่อที่ใช้กรรมวิธีรีเวิสอ๊อสโมซิส ทำให้อณูเล็ก ๆ สามารถผ่านได้ แต่ก็ไม่สามารถเอาสารที่เป็นเกลือออกได้ ในการทดลองกำจัดสารอนินทรีย์โดยใช้แผ่นเยื่อเซลลูโลสอาซีเตทมากำจัดน้ำทิ้งที่ผ่านขั้นตอนกำจัดขั้นสองมาแล้ว พอว่าจะกำจัดฟอสฟอรัสได้ถึง 100% และกำจัดแอมโมเนียได้ 85% แต่กำจัดไนเตรทและไนไตรท์ได้เพียง 56% และหลังจากทำการทดลอง 4 เดือนแล้ว อัตราการซึมผ่านจะไม่คงที่และจะลดลง และยังมีการทดลองกำจัดน้ำทิ้งที่มีน้ำมันและลาเทคส์ โดยใช้แผ่นเยื่อสารอนินทรีย์ แผ่นเยื่อนี้สามารถใช้ได้กับ pH ตั้งแต่ 1-14 และไม่ต้องคำนึงถึงเรื่องอุณหภูมิเลย เพราะสามารถใช้ได้กับอุณหภูมิถึง 150ซ. (300ฟ.) และยังทำความสะอาดได้ง่ายด้วย น้ำทิ้งที่มีลาเทคส์ใช้เยื่ออุลตร้าฟิลเตรชั่นจะกำจัดตะกอนแขวนลอย (SS) ได้ 99.3% และกำจัด บีโอดี ได้ 95.2%

นอกจากนี้ก็ยังมีการใช้วิธีอีเลคโตรไดอาไลซีส ในการกำจัดน้ำทิ้ง ส่วนใหญ่นิยมใช้วิธีนี้ในขบวนการแยกเกลือออกจากน้ำ และมีประโยชน์ในการเอาวัตถุหรือสารที่มีคุณค่ากลับมาใช้ใหม่ได้อีก

4. การใช้ที่ดินกำจัดน้ำเสีย **(Land Application)** เป็นวิธีการกำจัดน้ำเสียที่อาศัยสิ่งธรรมชาติที่มีอยู่เดิม เป็นตัวกรองน้ำเสียให้กลายเป็นน้ำดี พร้อมกับนำกลับไปใช้ประโยชน์ในการปลูกพืช วิธีนี้นิยมใช้กับน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์นม โรงงานทำเยื่อกระดาษ เพราะจะมีธาตุอาหารสำหรับพืชมาก ส่วนน้ำทิ้งจากโรงงานที่เกลือแร่ละลายอยู่สูงและมีความเป็นกรดด่างสูงเกินไป หรือมีโลหะหนักอยู่มากจะไม่เหมาะที่จะเอามาใช้ในการกำจัดวิธีนี้

การใช้ที่ดินกำจัดน้ำเสียในทางปฏิบัติมีด้วยกัน 3 วิธีคือ

1. *การชลประทาน (Irrigation)* เป็นวิธีการให้น้ำเสียแพร่กระจายไปบนผิวดินที่ปลูกพืชโดยใช้การสเปรย์ พืชจะดูดน้ำและธาตุอาหารที่เจือปนในน้ำเสียไปใช้ในการเจริญเติบโต วิธีนี้นิยมใช้โดยทั่วไป

2. *การไหลซึม (Infiltration-Percolation)* เป็นวิธีการปล่อยให้น้ำเสียไหลซึมลงไปในดินชนิดที่ยอมให้น้ำไหลซึมลงไปได้เร็ว ชั้นดินจะเป็นตัวกรองน้ำเสีย พืชไม่สามารถจะใช้ประโยชน์จากน้ำเสียได้ นอกจากหญ้าบางชนิดเท่านั้น การใช้วิธีนี้มักจะต้องทำการลดปริมาณตะกอนแขวนลอยในน้ำทิ้งก่อน

3. *การไหลแผ่ซ่าน (Overland Flow)* เป็นวิธีปล่อยให้น้ำเสียไหลบ่าไปบนพื้นที่ที่มีความลาดเทปานกลางอย่างช้า ๆ โดยปลูกพืชคลุมดินไว้เพื่อป้องกันการกัดเซาะพร้อมกับกรองน้ำเสีย ดินเป็นชนิดที่ยอมให้น้ำไหลซึมลงไปได้ช้ามาก

การใช้ที่ดินกำจัดน้ำเสียทั้ง 3 วิธี เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการกำจัดน้ำเสียตามตารางที่ 10.1 จะปรากฏว่า วิธีการชลประทานเหมาะสมในการนำน้ำเสียมาใช้เพื่อการเกษตรขณะกำจัดน้ำเสียมากกว่าวิธีอื่น ๆ

ตารางที่ 10.1 เปรียบเทียบศักย์หรือความสามารถที่จะกำจัดน้ำเสีย โดยวิธีการชลประทาน การไหลแผ่ซ่าน และการไหลซึม

ความสามารถ	วิธีการใช้ที่ดินกำจัดน้ำเสีย		
	การชลประทาน	การไหลแผ่ซ่าน	การไหลซึม
[1/]การลดค่าบีโอดีและเอสเอส (%)	98	92	85-99
[1/]การลดไนโตรเจน (%)	85 อาจถึง 90*	70-90	0-50
[1/]การลดฟอสฟอรัส (%)	80-99	40-80	60-95
[2/]ความเหมาะสมที่ใช้กับพืช	ดีมาก	ดี	ไม่ดี
[2/]ความเหมาะสมที่ใช้ปรับปรุงดิน	สมบูรณ์	ปานกลาง	สมบูรณ์
[2/]การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำบาดาล	0-30	0-10	อาจถึง 90**

ที่มา : [1/] *Pound et.al., 1975.*

[2/] *Pound and Crites, 1973.*

หมายเหตุ **ขึ้นอยู่กับปริมาณที่พืชดูดเอาไปใช้*

***ขึ้นอยู่กับชนิดและความลึกของดิน*

วิธีการกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ

วิธีกำจัดสิ่งสกปรกที่อยู่ในน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ เท่าที่ใช้กันอยู่ได้รวบรวมไว้ในตารางที่ 10.2 และตารางที่ 3 ดังนี้

ตารางที่ 10.2 วิธีการกำจัดน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ

โรงงาน	วิธีกำจัดสิ่งสกปรกที่ละลายอยู่	วิธีกำจัดสิ่งสกปรกที่ไม่ละลาย
โรงงานฆ่าสัตว์	1,2,3	ก.ข.ค.
โรงงานทำกาว	2,4	
โรงชุบโลหะ	4,6	ข.
โรงทำยาปฏิชีวนะ	1,2,7	
โรงงานประกอบรถยนต์	4,6	ก.ข.
โรงงานน้ำตาล	1,6	
โรงทอ ย้อมผ้า	1,2,4,7	ค.
โรงหมักเบียร์	1,2	
โรงทำอาหารกระป๋อง	1,2,6	ก.ข.ค.
โรงทำเครื่องเคมี	4,5	ข.
โรงงานนมกระป๋อง	1,2,4,6,7	
โรงเหล้า	1,6	ก.
โรงทำปลาป่น	3,6	ก.
โรงเครื่องเหล็ก	4,6	ก.ข.
เหมืองแร่	4,6	ข.
โรงกลั่นน้ำมัน	1,4,6	ก.
โรงงานกระดาษ	1,2,4,6	ก.
ฟาร์มเลี้ยงหมู	1,2,3	ก.
โรงงานทำยาง	4,6	ข.
โรงผลิตอาหารประเภทแป้ง	1,2,3,6	
โรงฟอกหนัง	1,2,4	
โรงทำผักกระป๋อง	1,2,3	ก.

1. สระผึ่งน้ำ ระบบเลี้ยงตะกอน 3. การหมัก 4. การใช้สารเคมี
5. แยกด้วยไฟฟ้า 6. วิธีอื่นๆ เฉพาะกรณี เช่นปล่อยให้ระเหย เผา 7. จานกรอง
ก. กำจัดของลอย ข. แยกของจม ค. ใช้ตะแกรง

ที่มา : เกษมสันต์ สุวรรณรัต, 2516.

สรุป

การกำจัดน้ำทิ้งหมายถึง การแยกหรือทำลายสิ่งสกปรกต่าง ๆ ที่อยู่ในน้ำทิ้งให้มีปริมาณลดลงจนอยู่ในระดับที่จะไม่ก่อให้เกิดปัญหาน้ำเน่าเสียขึ้นในแหล่งน้ำที่รับน้ำทิ้งนั้น น้ำทิ้งโดยทั่วไปมักถูกปล่อยออกมาจากแหล่งชุมชน โรงงานอุตสาหกรรม และพื้นที่เกษตรกรรมแผนใหม่ สำหรับน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมนั้น จะเป็นน้ำทิ้งที่เกิดจากขบวนการหล่อเย็น ขบวนการชะล้าง ขบวนการผลิตและกิจกรรมอื่น ๆ ซึ่งน้ำทิ้งเหล่านี้สามารถที่จะกำจัดจนทำให้มีคุณภาพดีพอที่จะระบายลงสู่แหล่งน้ำได้โดยผ่านระบบการกำจัดน้ำทิ้งหลัก ๆ ที่สำคัญ 3 ขั้นตอนต่อเนื่องกันไป คือ ระบบการกำจัดขั้นแรกซึ่งเป็นระบบการกำจัดน้ำทิ้งทางด้านกายภาพ โดยการกรองและตกตะกอนสิ่งที่แขวนลอยในน้ำทิ้งออกไป จากนั้นจึงนำมาผ่านระบบการกำจัดน้ำทิ้งขั้นที่สอง ซึ่งเป็นระบบการกำจัดน้ำทิ้งทางด้านชีวภาพ โดยการปล่อยเชื้อจุลินทรีย์ลงไปเพื่อทำการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุที่ละลายอยู่ในน้ำให้หมดไป หลังจากนี้จึงนำมาผ่านระบบการกำจัดน้ำทิ้งขั้นที่สาม ซึ่งเป็นระบบการกำจัดสารอนินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำทิ้งที่ได้ผ่านการกำจัดขั้นที่สองมาแล้วออกไป โดยวิธีทางเคมี หรือฟิสิคส์ หรือชีวภาพก็ได้

วิธีการกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม จะแบ่งออกเป็น 4 ขบวนการใหญ่ ๆ คือ ขบวนการทางฟิสิกส์ ใช้กำจัดสิ่งสกปรกที่ไม่ละลายน้ำ ขบวนการทางเคมี ใช้ในการกำจัดสารอนินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำทิ้ง โรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้วิธีนี้ เช่น โรงงานชุบโลหะ โรงงานทำเครื่องเคมี โรงเครื่องเหล็ก เหมืองแร่ โรงกลั่นน้ำมัน โรงผลิตเส้นใยเทียม เป็นต้น ขบวนการที่สาม คือ ขบวนการทางชีววิทยา ใช้ในการกำจัดสารอินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำทิ้ง โดยอาศัยจุลินทรีย์ช่วยย่อยสลายสารอินทรีย์ด้วยปฏิกิริยาชีวเคมีแบบใช้อ๊อกซิเจน และแบบไม่ใช้ออกซิเจน เมื่อใช้ระยะเวลาเท่า ๆ กัน ระบบกำจัดแบบใช้ออกซิเจนจะให้ประสิทธิภาพในการลดค่า บีโอดีได้สูงกว่าระบบไม่ใช้ออกซิเจน แต่ระบบไม่ใช้ออกซิเจนนั้นจะมีข้อดีกว่าที่สามารถรับน้ำทิ้งที่มีความเข้มข้นสูง ๆ ได้ดี และค่าใช้จ่ายเงินลงทุนต่ำกว่า เพราะไม่ต้องเสียค่าไฟฟ้าในการเติมอากาศ ดังนั้นน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมที่มีค่า บีโอดีสูง ๆ จึงควรใช้ระบบกำจัดแบบไม่ใช้ออกซิเจนก่อน จนกระทั่งค่า บีโอดี ลดลงมาก จึงใช้ระบบกำจัดแบบใช้ออกซิเจนมากำจัดต่อเพื่อให้คุณภาพน้ำทิ้งได้มาตรฐานยิ่งขึ้น และก่อเป็นการเพิ่มออกซิเจนในน้ำทิ้งก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะด้วย ข้อควรระวัง ตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกินที่เกิดขึ้นหลังจากปฏิกิริยาการใช้ออกซิเจนจะต้องนำไปกำจัดอย่างถูกต้อง ห้ามปล่อยลงแหล่งน้ำ เพราะจุลินทรีย์ก็เป็นสารอินทรีย์ที่จะทำให้แหล่งน้ำสกปรกได้เช่นกัน และควรมีการฆ่าเชื้อโรค หรือแบคทีเรียต่าง ๆ ในการกำจัดน้ำทิ้งขั้นสุดท้ายด้วย ตัวอย่างประเภทโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้ขบวนการทาง

ชีววิทยาในการกำจัดน้ำทิ้ง เช่น โรงงานกระดาษ โรงงานน้ำตาล โรงงานสุราและเครื่องดื่ม โรงงานผลิตภัณฑ์นมเนย โรงงานผลิตอาหารกระป๋อง โรงงานทอผ้า เป็นต้น

นอกจากสามขบวนการใหญ่ ๆ ที่กล่าวมาแล้ว ในปัจจุบันนี้ยังได้มีการพัฒนาในการกำจัดน้ำทิ้งให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นไปอีก และกำลังสนใจศึกษาถึงวิธีการที่จะนำน้ำทิ้งที่กำจัดแล้วกลับมาใช้ในการอุปโภค บริโภค ในทางเกษตร หรือเอามาใช้ในขบวนการผลิตอีกครั้ง ซึ่งจะเป็นการใช้ประโยชน์จากน้ำอย่างคุ้มค่าที่สุด วิธีการเหล่านี้จะใช้ขบวนการทางฟิสิกส์เคมีมากำจัดสิ่งสกปรกที่ละลายน้ำทั้งที่เป็นสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ ซึ่งเป็นการกำจัดชั้นสูงที่โรงงานอุตสาหกรรม โดยทั่วไปยังไม่นิยมใช้ เพราะต้องเสียค่าใช้จ่ายและลงทุนสูงมาก