บทที่ 4

การบำบัดน้ำเสียที่มีโลหะหนักด้วยระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอย

แต่เดิมมีวิธีการต่าง ๆ ทางเคมีที่ใช้ในการกำจัดโลหะหนักในน้ำเสีย เช่น การตกตะกอนของไฮดรอกไซด์และซัลไฟด์ การแลกเปลี่ยนอิออน ซึ่งวิธีการเหล่านี้ให้เพียงความประหยัดสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่เท่านั้น ต่อมาได้มีการศึกษาถึงสมดุลย์ของโลหะเมื่อผ่านเข้าไปในระบบบำบัดน้ำเสียและพบว่าโลหะหนักจะถูกกำจัดได้อย่างมีประสิทธิภาพในการตกตะกอนขั้นต้น (Primary) และตกตะกอนขั้นที่สอง (Secondary)

4,1 การกำจัดโลหะหนักโดยระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอย

โลหะหนักจะถูกกำจัดจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอยได้ 2 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นตอนแรกเกิดจากตกตะกอนขั้นต้น (primary settling) ของโลหะหนักที่ไม่ละลายหรือโลหะหนักถูกดูดซึมรวมกันเป็นอนุภาค ขั้นที่สองเกิดการดูดซับของโลหะหนักที่ละลายหรืออนุภาคโลหะหนักบนตะกอนจุลินทรีย์ในถังเติมอาศ แล้วตกตะกอนในถังตกตะกอนต่อไป Chen et al (1973) พบว่าการตกตะกอนของโลหะหนักจะเกิดได้ดีในการตกตะกอนขั้นที่สองมากกว่าขั้นต้น Brown et al (1973) พบว่า โครเมียม ทองแดง และตะกั่วจะถูกกำจัดจากน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงในการตกตะกอนขั้นที่สอง

Chen et al (1975) ได้ศึกษาถึงเวลาที่โลหะถูกดูดดึงในระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอยซึ่งเกิดขึ้นได้เป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรกเป็นการดูดดึงโดยเร็วเกิดขึ้นใช้เวลาระหว่าง 3 ถึง 10 นาที ซึ่งอิออนโลหะในปริมาณมากจะถูกดูดซับโดยตะกอนจุลินทรีย์ขั้นที่สองเป็นขั้นตอนที่เกิดขึ้นอย่าง ใช้เวลาหลายชั่วโมง Neufeld & Hermann(1975 b) พบว่าสำหรับปรอท แคดเมียม และสังกะสี ระบบจะเข้าสู่สภาวะสมดุลย์ที่เกือบสมบูรณ์จะใช้เวลามากกว่า 3 ชั่วโมง แต่จะสมบูรณ์โดยใช้เวลา 2 สัปดาห์ Lamb & Tollefson (1973) ได้สังเกตถึงการดูดซับที่เกิดขึ้นโดยเร็วของทองแดง และสรุปว่าขึ้นกับความมีชีวิตของตะกอน

Cheng et al (1975) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการดูดดึงโลหะหนักโดย active และ non-active sludge พบว่าประสิทธิภาพการดูดดึงของ non-active sludge จะต่ำกว่า active sludge พบว่าการเกิดปฏิกริยาของ non-active sludge ขึ้นกับเวลาใน

ขณะที่การเกิดปฏิกริยาของ active sludge ไม่ได้ขึ้นกับเวลา สรุปได้ว่าการดูดดึงโลหะโดยเร็วไม่ได้เกิดขึ้นใน non-active sludge Neufeld & Hermann (1975 b) ได้ศึกษาถึงปริมาณของปรอทที่ถูกดูดดึงโดยตะกอนพบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงที่ความเข้มข้นของปรอทต่าง ๆ กัน เมื่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีสิ้นสุดลง สรุปว่าในกรณีของปรอทการดูดดึงโลหะหนักไม่ขึ้นกับความเข้มข้นของโลหะหรือความมีชีวิตของจุลินทรีย์ และเสนอว่าการดูดดึงโลหะไม่ใช่ปรากฏการณ์ทางชีววิทยาแต่เป็นปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์-เคมีบนผิวของเซลล์

ตารางที่ 4.1 แสดงถึงการวัดประสิทธิภาพในการกำจัดสังกะสีด้วยระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอย ซึ่งทำโดยนักวิจัยหลาย ๆ คนจากโรงบำบัดน้ำเสีย Treatment Plant (TS) Pilot Plant (PP) และ Laboratory Scale (LS)

ผลการวิเคราะห์จาก *	ความเข้มข้นของสังกะสีในน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ (มิลลิกรัม/ลิตร)	ประสิทธิภาพการกำจัดสังกะสี (เปอร์เซนต์)	ค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพในการกำจัดสังกะสี (เปอร์เซนต์)	เอกสารที่มาของข้อมูล
TS	0.18-0.15	91-97	93	Nomura & Young(1974)
TS	0.23-8.94	67-90	50	Oliver & Cosgrove(1974)
TS	0.31-0.6	44-75	78	Stoveland et al.,(1979 c)
TS	0.5-0.6	74-96	60	Robert et al.,(1977)
TS	0.35	78-100	48	Brown et al.,(1973)
TS	0.18-0.43		60	Chen et al.,(1974)
PP	0.527		57	Davier & Jacknow(1975)
PP	2.5-20		89	McDermott et al.,(1962)
PP	9.0		89	Barth et al.,(1965)
PP	0.32		65	Esmond & Petrased(1974)
LS	7.5-15		89	Rudolfs & Zuber(1953)
LS	0.68		49	Stoveland et al.,(1979 a)
ค่าเฉลี่ย		44-100	69	

* TS = Treatment Plant

PP = Pilot Plant

LS = Laboratory Scale

4,2 ความเป็นพิษของโลหะหนักที่มีต่อจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอย

มีหลักฐานต่าง ๆ มากมายที่รายงานถึงความเป็นพิษของโลหะหนักที่มีต่อจุลินทรีย์ บางรายงานแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของกลุ่มจุลินทรีย์ที่เกิดจากปริมาณของโลหะขนาดหนึ่ง Kunz et al (1976) ได้รายงานถึงการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์โดยการดึงดูดของออกซิเจน ซึ่งทำโดยการเริ่มต้นวัดที่ความเข้มข้นของ Vanadium ระหว่าง 20 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อระดับของอัตราการดึงดูดออกซิเจนเริ่มต่ำลง กลุ่มประชากรจุลินทรีย์จะมีการเปลี่ยนแปลงและที่ความเข้มข้นของ Vanadium มากกว่า 80 มิลลิกรัมต่อลิตร จุลินทรีย์พวก Rotifer จะตายหมด จุลินทรีย์พวกที่อยู่อย่างอิสระและ ciliate protozoa เริ่มจะเกิดขึ้นอย่างมากมาย ที่ความเข้มข้นของ Vanadium 120 มิลลิกรัมต่อลิตร ประชากรพวก flagellate protozoa เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนและยังคงอยู่ในระดับสูงจนกระทั่งถึงขั้นสุดท้ายของการทดลอง Neufeld & Hermann (1975 b) สังเกตเห็นความเปลี่ยนแปลงของจุลินทรีย์อย่างเด่นชัดในระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอยในระหว่างที่มีการทำให้จุลินทรีย์คุ้นเคยกับความเข้มข้นของโลหะในปริมาณสูง ๆ Barth et al (1965) รายงานไว้ว่าผลของโลหะหนักจะยับยั้งจุลินทรีย์พวก Nitrifying ไม่ให้เกิดปฏิกริยา Nitrification ขึ้นในน้ำเสีย ซึ่งทำให้ความต้องการออกซิเจนของระบบลดลงและมีไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนมากขึ้น Singleton & Guthric (1977) รายงานไว้ว่าทองแดงและปรอททำให้ประชากรของจุลินทรีย์หลาย ๆ ชนิดลดจำนวนลงเกิดการไม่มีเสถียรภาพในการอยู่รวมกันของกลุ่มประชากรจุลินทรีย์ ทำให้ความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงสภาวะในระบบลดลง Poon & Bhayani (1971) รายงานไว้ว่าโครเมียม (III) ในปริมาณ 25 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือในจำนวนที่มากกว่านี้จะมีผลเสียต่อจุลินทรีย์ และ fungus พวก Geotrichum candidum G.Bringmann & R, Kuhn (1980) พบว่าความเข้มข้นของตะกั่ว (Pb^{2+}) ในปริมาณ 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร จะเป็นพิษต่อพวกโปรโตซัว (Entosiphon Sulcatum) ที่ความเข้มข้น 1.8 มิลลิกรัมต่อลิตร จะเป็นพิษต่อแบคทีเรีย (Pseudomonas putida) และที่ความเข้มข้นมากกว่า 3.7 มิลลิกรัมต่อลิตร จะเป็นพิษต่อพวกสาหร่ายสีเขียว (Scendesmus Quadricauda)

องศาความเป็นพิษของโลหะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบดังต่อไปนี้คือ ความเข้มข้นของโลหะ ชนิดของโลหะ ชนิดของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในระบบ ความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอย อายุตะกอน Mowat (1976) ได้ศึกษาถึงค่าความเป็นพิษของโลหะที่มีต่อจุลินทรีย์ อันดับความเป็นพิษของโลหะ

ที่ได้ศึกษาในเวลา 5 วัน ที่ 20 มิลลิกรัมต่อลิตรของความเข้มข้นของโลหะ ปรากฏค่าจากมากไปหาน้อย ดังนี้ คือ

Hg > Ag > Cr(III) > Al > Fe > Cu > Ni > Cd > Co(VI) > Su > Zn

Bonomo (1974) ได้แสดงให้เห็นว่าความเป็นพิษของสังกะสีในระบบจะมีผลน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับโลหะหนักอื่น ๆ

4,3 องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อการกำจัดโลหะหนักในระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอย

มีองค์ประกอบหลาย ๆ อย่างที่แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลที่มีต่อการกำจัดโลหะหนักในระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอย องค์ประกอบดังกล่าวแบ่งออกได้เป็นตัวแปรทางด้านการดำเนินงานองค์ประกอบทางกายภาพหรือเคมีและองค์ประกอบทางชีววิทยา

1. ตัวแปรทางด้านการดำเนินงาน

Rudolfs & Zuber (1953) พบว่าในระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอยที่ค่า Sludge volume index เพิ่ม ความสามารถในการกำจัดโลหะจะลดลง Stoveland (1978) พบว่าการกำจัดโลหะหนักจะเป็นไปได้ดียิ่งขึ้นถ้าอายุตะกอนเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งในการกำจัดตะกั่วและสังกะสี ในขณะที่มีการกำจัดตะกอนแขวนลอยเพิ่มขึ้น การกำจัดโลหะจะเพิ่มขึ้นในอัตรา exponential rate (Brown et al.,1973) Barth et al(1965) พบว่าปริมาณทองแดง สังกะสี นิเกิล และโครเมียมที่ถูกกำจัดนั่นสามารถควบคุมโดยความเข้มข้นของออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ ตะกั่วจะถูกกำจัดได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ถ้าเวลาตกตะกอนในการกำจัดขั้นที่สองต่างจากการกำจัดขั้นต้น

2. องค์ประกอบทางกายภาพและเคมี

Stumm & Bilinski ได้สรุปถึงรูปแบบของโลหะที่เกิดขึ้นในน้ำธรรมชาติ เช่น อิออนโลหะอิสระ สารอนินทรีย์เชิงซ้อน สารอินทรีย์เชิงซ้อน การรวมตัวกันเป็นสารอินทรีย์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง อนุภาคคอลลอยด์ที่มีการกระจายตัวสูง ที่ค่า pH สูง ๆ จะเกิดการตกตะกอนของโลหะไฮดรอกไซด์ในขณะที่ที่ค่า pH ต่ำ ๆ โลหะจะมีปฏิกริยาอย่างมากกับสารอินทรีย์ (Cheng et al, 1975) พบว่าโลหะที่ผ่านเข้าไปในระบบบำบัดน้ำเสียมักจะอยู่ในรูปสารละลายหรือตกตะกอน Oliver & Cosgrove (1974) พบว่าตะกั่วและเหล็กในน้ำเสียส่วนมากจะเปลี่ยนรูปไปอยู่ในสถานะที่ไม่ละลายเมื่อทำปฏิกริยากันกับน้ำเสียจากชุมชนทำให้การกำจัดเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น Stoveland (1978) พบว่าเวเลนซีมีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดโลหะหนัก

โดยจะกำจัดได้ 70 และ 90 เปอร์เซนต์ในน้ำเสียที่มี Cr^{3+} และกำจัดได้ประมาณ 20 เปอร์เซนต์ในน้ำเสียที่มี Cr^{6+}

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย