



บทที่ 1 แหล่งและลักษณะสมบัติน้ำเสีย (Sources and Properties of Wastewater)

1

1.1	น้ำเสีย (Wastewater)	1
1.2	สิ่งสกปรกในน้ำเสีย (Impurity)	1
1.2.1	จุลินทรีย์ (Microorganism)	1
1.2.2	สารอินทรีย์ที่จุลินทรีย์ย่อยสลายได้ (Biodegradable organic matter)	2
1.2.3	สารอินทรีย์ที่จุลินทรีย์ย่อยสลายได้ยาก (Hardly biodegradable organic matter)	2
1.2.4	ตะกอนแขวนลอย (Suspended solids)	2
1.2.5	สารอินทรีย์ที่มีปริมาณน้อย (Traces organic)	2
1.2.6	สารพิษ (Toxic substances)	2
1.2.7	สีและความขุ่น (Color and turbidity)	2
1.2.8	สารประกอบไนโตรเจนและฟอสฟอรัส (Nitrogenous compounds and phosphorus compounds)	3
1.2.9	น้ำมันและไขมัน (Oil & grease)	3
1.2.10	สิ่งสกปรกที่ลอยน้ำได้ (Floating matters)	3
1.2.11	สารระเหยได้ (Volatile matters)	3
1.3	ประเภทของน้ำเสีย (Types of wastewater)	3
1.3.1	การแบ่งประเภทของน้ำเสียตามแหล่งกำเนิด (Classification by source of wastewater)	3
1.3.2	การแบ่งประเภทของน้ำเสียตามลักษณะสมบัติของสิ่งสกปรก (Classification of wastewater by type of impurities)	4
1.4	ลักษณะสมบัติน้ำเสีย (Wastewater properties)	5
1.4.1	ลักษณะสมบัติน้ำเสียทางกายภาพ (Physical properties of wastewater)	5
1.4.2	ลักษณะสมบัติน้ำเสียทางเคมี (Chemical properties of wastewater)	15
1.4.3	ลักษณะสมบัติน้ำเสียทางชีวภาพ (Biological properties of wastewater)	38
1.5	การเก็บและรักษาตัวอย่างน้ำเสีย (Sampling and storage of wastewater sample)	42
1.5.1	การเก็บตัวอย่าง (Sampling)	44
1.6	การเก็บรักษาตัวอย่างน้ำเสีย	46
1.7	การวัดอัตราการไหล	47
1.7.1	การวัดอัตราไหลโดยตรง (Direct weighting)	47
1.7.2	การวัดที่ไหลเต็ม (Fully flow system)	47
1.7.3	การวัดในท่อที่ไหลไม่เต็ม (Partially flow system)	48
1.8	ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่าง ๆ	50

บทที่ 2 ความรู้พื้นฐานทางด้านชีววิทยา (Basic Knowledge on Biology) 55

2.1 นิเวศวิทยาในน้ำเสีย (Ecosystem in wastewater)	55
2.2 การเปลี่ยนแปลงของจำนวนประชากรจุลินทรีย์ (Population dynamic)	57
2.3 ความสำคัญของจุลินทรีย์ในการกำจัดน้ำเสีย	59
2.4 ชนิดและสมบัติของจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับระบบบำบัดน้ำเสีย	60
2.4.1 แบคทีเรีย (Bacteria)	60
2.4.2 สาหร่าย (Algae)	65
2.4.3 รา (Fungi)	67
2.4.4 โปรโตซัว (Protozoa)	69
2.4.5 ไวรัส (Virus)	70
คำถามท้ายบท	70

บทที่ 3 มลพิษน้ำเสีย (Water Pollution) 73

3.1 มลภาวะทางน้ำและมาตรฐานน้ำทิ้ง	73
3.1.1 วงจรธาตุอาหารในธรรมชาติ	73
3.1.2 กลไกการทำความสะอาดลำน้ำ (Self purification)	77
3.1.3 การควบคุมมลพิษทางน้ำ กฎหมาย และมาตรฐานน้ำเสียที่สำคัญ	79
3.1.4 กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางน้ำของประเทศไทย	82
คำถามท้ายบท	106

บทที่ 4 หลักการและกระบวนการบำบัดน้ำเสีย (Methods and Process for Wastewater Treatment) 109

4.1 การกำจัดน้ำเสีย (Disposal)	109
4.1.1 การเผา (Incineration)	109
4.1.2 การทำปุ๋ยหมัก (Composting)	110
4.1.3 การตากแห้ง (Land drying)	113
4.1.4 การปล่อยทิ้งลงทะเล (Discharging to the sea)	114
4.1.5 การสูบลบปล่อยน้ำบาดาล (Deep-well injection)	115
4.1.6 การใช้โดยตรงกับพื้นดิน (Land application)	115
4.1.7 การใช้เป็นน้ำชลประทาน (Irrigation)	115
4.2 การบำบัดน้ำเสีย (Wastewater treatment)	116
4.3 ประเภทของกระบวนการบำบัดน้ำเสีย	122
4.3.1 กระบวนการทางกายภาพ (Physical treatment process)	123
4.3.2 กระบวนการทางเคมี (Chemical treatment process)	123
4.3.3 กระบวนการทางชีววิทยา (Biological treatment process)	123
4.3.4 กระบวนการทางฟิสิกส์-เคมี (Physical-chemical process)	124

4.4	การเลือกกระบวนการบำบัดน้ำเสีย	126
4.4.1	ปริมาณและลักษณะสมบัติน้ำเสีย	127
4.4.2	คุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดที่ต้องการ	127
4.4.3	ราคาที่ดินและพื้นที่ดินที่ต้องการ	129
4.4.4	ความยุ่งยากในการควบคุมและบำรุงรักษาระบบบำบัดน้ำเสีย	129
4.4.5	ความยุ่งยากในการจัดหาอุปกรณ์	129
4.4.6	ปัญหาเกี่ยวกับเหตุเดือดร้อนรำคาญ	130
4.4.7	ต้นทุนในการบำบัด	130
4.5	การจัดลำดับขั้นตอนในการดำเนินงานของงานระบบบำบัดน้ำเสีย	133
4.6	สาระสำคัญที่ใช้พิจารณาในการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย	139
4.6.1	ปัจจัยที่มีผลต่อการออกแบบส่วนประกอบของระบบบำบัดน้ำเสีย	140
4.6.2	ความสามารถในการควบคุมการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสีย	146
4.6.3	ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการออกแบบกระบวนการบำบัดน้ำเสีย	147

คำตามท้ายบท

156

บทที่ 5 การบำบัดน้ำเสียทางกายภาพ (Physical Treatment)

159

5.1	ตะแกรงดักของแข็ง (Screening)	159
5.1.1	การแบ่งชนิดของตะแกรงตามขนาดของรูตะแกรง	160
5.1.2	การแบ่งชนิดของตะแกรงตามลักษณะการใช้งาน	161
5.2	การตัดบดตะกอน (Comminution)	162
5.3	การตักหรือการกวาดตะกอน (Skimming)	163
5.4	การทำให้ลอย (Flotation)	163
5.5	การตกตะกอน (Sedimentation)	170
5.5.1	ประเภทของการตกตะกอน	170
5.5.2	ถังตกตะกอน	171
5.6	การกำจัดน้ำมันและไขมัน (Oil and grease removal)	178
5.7	การกรอง (Filtration)	180

คำตามท้ายบท

186

บทที่ 6 การบำบัดน้ำเสียทางเคมี (Chemical Treatment Process)

189

6.1	การทำให้เป็นกลาง (Neutralization)	189
6.2	กระบวนการออกซิเดชันและรีดักชัน (Oxidation and reduction)	191
6.2.1	สารรับอิเล็กตรอน (Oxidizing agent)	192
6.2.2	สารให้อิเล็กตรอน (Reducing agent)	192
6.3	การทำให้เกิดตะกอนผลึกทางเคมี (Chemical precipitation)	193
6.3.1	Hydroxide precipitation	193
6.3.2	Carbonate precipitation	193

6.3.3	Sulfide precipitation	194
6.3.4	Sulfate precipitation	195
6.4	การสร้างรวมตะกอน (Coagulation-flocculation)	195
6.4.1	Coagulation	195
6.4.2	Flocculation	195
6.5	การทดลอง Jar Test	198
6.6	การคำนวณออกแบบและการควบคุมระบบสร้างตะกอนเคมี (Coagulation and flocculation)	199
6.7	การแลกเปลี่ยนไอออน (Ion exchange)	204
6.7.1	Weak acid cation resin	205
6.7.2	Strong acid cation resin	205
6.7.3	Weak base anion resin	205
6.7.4	Strong base anion resin	206
6.8	การดูดซับ (Adsorption)	207
6.8.1	ถ่านกัมมันต์ (Activated carbon)	208
6.8.2	ตะกอนจุลินทรีย์	221
6.9	การฆ่าเชื้อ (Disinfection)	224
6.9.1	วิธีการทางกายภาพ	224
6.9.2	วิธีการทางเคมี	226
6.9.3	ฆ่าเชื้อโดยการเติมคลอรีน (Chlorination)	226
6.9.4	ฆ่าเชื้อโดยโอโซน (Ozonization)	229

คำถามท้ายบท

231

บทที่ 7 การบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยา (Biological Treatment Process)

233

7.1	หลักการ	233
7.1.1	ถังปฏิกรณ์ (Reactor)	233
7.1.2	การควบคุมสภาวะแวดล้อมในน้ำเสีย	236
7.1.3	การควบคุมปริมาณสารพิษหรือเกลือแบริ่งบางชนิด	238
7.1.4	การกำจัดจุลินทรีย์หรือแบคทีเรียในน้ำเสียออกจากระบบหลังจากบำบัดน้ำเสียแล้ว	238
7.2	ความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตของแบคทีเรียกับการทำลายสารอินทรีย์	240
7.2.1	อัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย	240
7.2.2	ความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตของแบคทีเรียกับการบำบัดสารอินทรีย์	241
7.2.3	ผลของการตายของจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียหรือถังปฏิกรณ์ (Effects of endogenous metabolism)	242
7.2.4	ผลของอุณหภูมิต่อปฏิกริยาทางชีวเคมีของแบคทีเรีย	243
7.3	การประยุกต์ใช้กลศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตและการบำบัดสารอินทรีย์ของแบคทีเรียของระบบบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยา	244
7.4	การนำความรู้ทางชีววิทยาไปใช้ในทางปฏิบัติเกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยา	246

คำถามท้ายบท

255

บทที่ 8 ระบบบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีชีววิทยาแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic Biological Treatment System)

257

8.1	หลักการ	257
8.2	ชนิดของระบบบำบัดน้ำเสียแบบเติมอากาศหรือใช้ออกซิเจนอิสระ (Acrobic treatment system)	259
8.2.1	ระบบบำบัดน้ำเสียที่ตะกอนจุลินทรีย์แขวนลอยอยู่ในน้ำเสีย (Suspended growth system)	259
8.2.2	ระบบบำบัดน้ำเสียที่ตะกอนจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียยึดเกาะกับตัวกลาง (Attached growth system)	347
8.2.3	ทฤษฎีของฟิล์มชีวะ	349
8.2.4	รูปแบบและรายละเอียดระบบบำบัดน้ำเสียแบบที่ตะกอนจุลินทรีย์ยึดเกาะกับตัวกลาง	354
	คำถามท้ายบท	413

บทที่ 9 ระบบบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยาแบบไร้อากาศ (Anaerobic Treatment System)

417

9.1	ชีววิทยาเคมีและจุลชีววิทยาของระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ (Biochemistry and biological of anaerobic treatment process)	418
9.1.1	ขั้นตอนในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (Step of organic decomposition)	418
9.1.2	กระบวนการทางชีวเคมีในการสร้างก๊าซมีเทน	420
9.2	สภาวะแวดล้อมที่มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ	422
9.2.1	อุณหภูมิ (Temperature)	422
9.2.2	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	423
9.2.3	ความเป็นด่าง (Alkalinity)	424
9.2.4	กรดอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile fatty acid)	424
9.2.5	ธาตุอาหารเสริมสร้าง (Nutrients)	425
9.2.6	สารพิษ (Toxic substances)	425
9.3	การป้อนน้ำเสียเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย (Feeding system)	426
9.3.1	การป้อนน้ำเสียครั้งเดียว (Batch type feeding)	426
9.3.2	การป้อนน้ำเสียแบบต่อเนื่อง (Continuous type feeding)	426
9.3.3	การป้อนน้ำเสียแบบกึ่งต่อเนื่อง (Semi-continuous feeding)	427
9.4	การกวนผสม (Mixing)	427
9.4.1	การกวนผสมโดยใช้เครื่องมือกล (Mechanical mixing)	428
9.4.2	การกวนผสมโดยใช้วิธีสูบน้ำเสียจากถังปฏิกริยาให้เกิดการหมุนเวียน (Mixing by recirculation of wastewater)	428
9.4.3	การกวนผสมโดยการนำก๊าซที่เกิดขึ้นจากการบำบัดน้ำเสียโน้ดงปฏิกริยามาใช้ในการกวนผสม (Mixing by producing gas)	428
9.5	จลศาสตร์ของการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ	430
9.6	ทฤษฎีที่ใช้ในการอธิบายการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในน้ำเสีย	431
9.7	สาเหตุที่ทำให้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศหรือออกซิเจนอิสระด้อยเสถียรภาพหรือประสิทธิภาพลดลง	435
9.8	ปัจจัยที่สำคัญที่ใช้ในการติดตามและประเมินระบบบำบัดน้ำเสีย	436
9.8.1	ความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile fatty acid : VFA)	437

9.8.2	ระดับความเป็นด่างในรูปของไบคาร์บอเนต (Bicarbonate alkaline)	437
9.8.3	ระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH)	438
9.8.4	อัตราการผลิตก๊าซมีเทน (Methane production rate)	438
9.9	การหาสาเหตุของการเสียดุลในระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ	439
9.9.1	การเสียดุลจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำเสียหรือปริมาณสารอินทรีย์ที่ป้อนให้กับ ถังปฏิกริยาหรือระบบบำบัดน้ำเสีย	439
9.9.2	การเสียดุลจากการลดลงของอุณหภูมิของระบบบำบัดน้ำเสีย หรือถังปฏิกริยา หรือน้ำเสียที่ เข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย	439
9.9.3	การเสียดุลจากการสะสมของสารพิษในน้ำเสียหรือในตะกอนจุลินทรีย์	440
9.10	รูปแบบของระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ	441
9.10.1	ระบบบำบัดแบบธรรมดา (Conventional anaerobic process)	442
9.10.2	ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศหรือออกซิเจนอิสระแบบอัตราการย่อยสลายสูง (High rate anaerobic process)	449
9.11	การออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ (Design for anaerobic treatment system)	457
9.11.1	ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อหมักไร้อากาศ (Anaerobic lagoon)	459
9.11.2	ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศแบบถังหมักย่อยสลายธรรมดา (Conventional anaerobic digester)	462
9.11.3	ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศชนิดสัมผัส (Anaerobic contact)	466
9.11.4	ระบบบำบัดแบบถังไร้อากาศแบบชั้นตะกอนจุลินทรีย์ (Anaerobic sludge blanket reactor)	470
9.11.5	ระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังไร้อากาศแบบแผ่นกัน (Anaerobic baffled reactor)	471
9.11.6	ระบบบำบัดแบบถังกรองไร้อากาศ (Anaerobic filter)	471
คำถามท้ายบท		473

บทที่ 10 การบำบัดและกำจัดตะกอน

(Sludge Treatment Disposal)

475

10.1	ตะกอน	475
10.2	กระบวนการจัดการตะกอน (Sludge management)	477
10.2.1	การบำบัดตะกอนแบบไม่ใช้วิธีทางชีววิทยา (Non-biological sludge treatment)	479
10.2.2	การบำบัดตะกอนแบบใช้วิธีทางชีววิทยา (Biological sludge treatment)	481
10.3	การเพิ่มความเข้มข้นให้กับตะกอนหรือกากตะกอน (Sludge thickening)	483
10.3.1	การเพิ่มความเข้มข้นตะกอนโดยอาศัยแรงโน้มถ่วงโลก (Gravity thickening)	483
10.3.2	การเพิ่มความเข้มข้นของตะกอนโดยการทำให้ลอยโดยใช้อากาศ (Air flotation)	484
10.3.3	การเพิ่มความเข้มข้นตะกอนโดยเครื่องแยกของแข็งโดยใช้แรงเหวี่ยง (Centrifugation)	485
10.4	การทำให้ตะกอนคงตัว (Stabilization)	486
10.4.1	การทำให้ตะกอนคงตัวโดยวิธีการทางชีววิทยา (Biological treatment)	486
10.4.2	การทำให้ตะกอนคงตัวโดยวิธีการทางเคมี	490
10.4.3	การทำให้ตะกอนคงตัวโดยวิธีการทางกายภาพ	491
10.5	การแยกน้ำออกจากตะกอน (Dewatering)	493
10.5.1	ลานตากตะกอน (Sludge drying bed)	493

10.5.2 ระบบการกรองสุญญากาศ (Vacuum filtration)	495
10.5.3 การแยกเอาน้ำออกจากน้ำตะกอนโดยการเหวี่ยง (Centrifugation)	500
10.5.4 การแยกน้ำออกโดยการกรองน้ำตะกอนภายใต้ความดัน (Filter press)	501
10.5.5 การแยกน้ำออกจากตะกอนโดยระบบสายพานบีบน้ำ (Belt press)	501
10.6 การทำแห้ง (Drying)	503
10.7 การกำจัดกากตะกอน (Sludge disposal)	504
10.7.1 การเผา (Incineration)	504
10.7.2 การฝังกลบ (Landfill)	506
10.7.3 การทำปุ๋ย (Composting)	510
คำถามท้ายบท	513

บทที่ 11 ปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบบำบัดน้ำเสียและการแก้ไขปัญหา (Wastewater Treatment Problems and Problem Solving) 515

11.1 การจดบันทึกผลการเดินระบบบำบัดน้ำเสีย	515
11.1.1 การบันทึกเหตุการณ์ประจำวัน (Operation daily journal)	516
11.1.2 รายงานการบำบัดน้ำเสียประจำวัน (Operation daily report)	517
11.1.3 รายงานการบำบัดน้ำเสียประจำเดือนหรือทุก 3 เดือน (Monthly report or quality report)	521
11.2 การหาสาเหตุของการล้มเหลวหรือปัญหาของระบบบำบัดน้ำเสีย	530
11.2.1 ตะแกรงแยกขยะ	530
11.2.2 ถังตกตะกอนเบื้องต้น (Primary clarifier)	531
11.2.3 บ่อหรือสระบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติ (Lagoon/Pond)	533
11.2.4 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบกรอง (Tricking filter)	535
11.2.5 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบจานหมุนชีวภาพ (Rotating biological contactor system)	537
11.2.6 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนเร่ง (Activated sludge system)	538
11.2.7 ถังตกตะกอนขั้นที่ 2 (Secondary clarifier)	541

คำถามท้ายบท	544
--------------------	------------



บริษัท สำนักพิมพ์ท็อป จำกัด

ระบบบำบัดน้ำเสีย

Wastewater Treatment System

• รศ.ดร.สัมพันธ์ ศิริอนันต์ไพบูลย์ •

BSTI DEPT. OF SCIENCE SERVICE
สำนักหอสมุดฯ กรมวิทยาศาสตร์บริการ



1110011964

628.43
เลขหมู่ ๕ 115
2552
เลขทะเบียน 17458
วันที่ 10 / ๕. ๕. 2553
705494

Copyright © 2009 by Top Publishing Co., Ltd.
All Rights Reserved.

สงวนลิขสิทธิ์ © 2552 ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์
ห้ามลอกเลียนแบบโดยไม่ได้รับอนุญาตจากสำนักพิมพ์
เป็นลายลักษณ์อักษร

1 2 3 4 5 6 7 8 9
20 30 40 50 INT PHY 05 06 07 08 09
ISBN 978-974-9918-53-1

TOP PUBLISHING CO., LTD.
The Center of Thai Translation Textbook
No. 1/129 Ramintra Road, Minburi, Bangkok 10510
Tel : (66) 2-918-6593-5, (66) 2-517-4301-2
Fax : (66) 2-918-6596
E-mail : supot@toptextbook.com
www.toptextbook.com

จัดพิมพ์และจัดจำหน่ายโดย



บริษัท สำนักพิมพ์ท็อป จำกัด
Top Publishing Co., Ltd.

เลขที่ 1/129 ถนนรามอินทรา มีนบุรี กรุงเทพฯ 10510
โทรศัพท์ 0-2918 6593-5, 0-2517-4301-2
โทรสาร 0-2918 6596
E mail info@toptextbook.com

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของสำนักหอสมุดแห่งชาติ

สัมพันธ์ ศิริอนันต์ไพบูลย์
ระบบบำบัดน้ำเสีย : การเลือกใช้ การออกแบบ
การควบคุม และการแก้ไขปัญหา. กรุงเทพฯ :
ท็อป, 2552.
560 หน้า

1. น้ำเสีย - การบำบัด. 2. ระบบบำบัดน้ำเสีย.
I. ชื่อเรื่อง

628.43
ISBN 978-974-9918-53-1

กรณีต้องการสั่งซื้อเพื่อไปเป็นตำราเรียนจำนวนมาก
สอบถามราคาพิเศษได้ที่ ศูนย์ วิทยาศาสตร์
โทรศัพท์ 0-1800-2891