

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ КОМУНАЛЬНИХ СТОКІВ ВІД СПОЛУК ФОСФОРУ

ã Савчук Л.В., 2013

Наведено результати експериментальних досліджень вилучення сполук фосфору хімічними та біологічними методами. Встановлено оптимальні умови ведення цих процесів.

Ключові слова: стічні води, сполуки фосфору, хімічні методи очищення, біологічні методи очищення, анаеробні процеси, аноксидні процеси, аеробні процеси.

The results of experimental studies of phosphorus removal by chemical and biological methods are provided. The optimum conditions of these processes are made.

Key words: wastewater, phosphorus, chemical cleaning methods, biological methods of purification, anaerobic processes, anoksydni processes, aerobic processes.

Вступ. Антропогенне евтрофування характерне фактично для усіх поверхневих водойм України. Головними причинами, які спричинили це явище, є скидання недостатньо або цілком неочищених господарсько-побутових і промислових стічних вод у довкілля, а також вирубування лісів, розорювання великих площ земель, інтенсивні, подеколи безгосподарні методи їх агро-хімічного оброблення, спорудження водосховищ, які стали фактично непроточними водоймами, безгосподарне використання води і утворення нових її потоків, насамперед стічних вод, які містять велику кількість біогенних речовин. Наявність біогенних елементів призводить до розвитку ціанобактерій (синьо-зелених водоростей) і заростання ними водойм, зменшення розчиненого кисню, погіршення умов для розвитку рослинного і тваринного світу та порушення нормального функціонування природних екосистем. Враховуючи це, сьогодні велику увагу приділяють технологіям очищення стічних вод від біогенних елементів, і зокрема, фосфору.

Постановка проблеми. Фосфор у воді знаходиться у вигляді неорганічних, органічних, органо-мінеральних сполук і входить до складу клітин гідробіонтів. Для зменшення акумулювання фосфору в гідросфері необхідно: зменшити поступлення фосфору у водойми з продуктами життєдіяльності людей і тварин, промисловими і комунальними стоками з мийними засобами, які містять фосфор; зменшити поступлення фосфору у водойми з ґрунтів (переважно із земель сільськогосподарського призначення); розробити і впровадити економічно і екологічно вигідні технології вилучення сполук Фосфору з води з використанням отриманих осадів як добрив.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Усі домішки води залежно від їх фазово-дисперсного стану можна поділити на чотири групи. Фосфати можуть входити до складу усіх чотирьох груп. Якщо домішки перших трьох груп (зависі, колоїдно-дисперсні, молекулярно-розчинні, високомолекулярні речовини та віруси), що містять сполуки Фосфору, видаляють фізичними і фізико-хімічними методами (фільтруванням, відстоюванням, сорбцією, магнітним обробленням, коагуляцією, електрокоагуляцією тощо), то видалення іонних домішок (четверта група) можливе тільки хімічними або біологічними методами. Для реагентних методів

рекомендують [1] використовувати сполуки Алюмінію, Феруму та Кальцію. Однак під час використання хімічних реагентів утворюються додаткові осади, які потрібно утилізувати. В останні роки дуже популярним є видалення сполук фосфору біологічними методами [2, 3]. Мікроорганізми акумулюють фосфор у кількостях, що перевищують потрібні для їхньої життєдіяльності, і з надлишковим активним мулом виводяться із системи. Утворений осад піддається анаеробній конверсії з одержанням цінного енергоносія – метану – і твердого залишку, що є добривом. Процеси видалення фосфору із стічних вод вивчені не достатньо, тому ми їх і досліджували.

Мета роботи – дослідити процеси вилучення сполук Фосфору із комунальних стоків біологічними та хімічними методами.

Експериментальні дослідження. Дослідження процесів біологічного очищення стічних вод від сполук Фосфору проводили в анаеробних, аноксидних та аеробних умовах. Лабораторна установка включала циліндричні, поліетиленові ємкості об'ємом 2 дм³, з'єднані між собою, які працювали у проточному режимі. Для збільшення поверхні контактування між активним мулом і стічними водами в анаеробному реакторі стоки подавали знизу вгору за допомогою спеціального розподільвача. Перемішування в аноксидному та аеробному реакторах здійснювали повітрям, яке теж подавали знизу. В аноксидній зоні для перемішування використовували великобульбашкову аерацію, а в аераційній – дрібнобульбашкову. Для анаеробної зони активний мул забирали з аеротенків Львівських міських комунальних очисних споруд (ЛМКОС), витримували у міських стоках у закритій ємкості протягом трьох місяців. Анаеробний мул мав вигляд гранул темно-сірого, майже чорного кольору розмірами близько 1...2·10⁻³ м. Активний мул для аноксидної зони витримували близько двох тижнів у стоках ЛМКОС за відсутності кисню. Активний мул для аеробної зони забирали безпосередньо перед дослідом з аеротенків ЛМКОС. Концентрація біомаси в усіх трьох реакторах за сухою речовиною дорівнювала 4,0...6,0 г на 1 дм³ стоків. Дослідження проводили на стічних водах, забраних на ЛМКОС. Реагентне очищення проводили, додаючи до 0,5 дм³ стоків певну кількість хімічного реагенту, з подальшим п'ятихвилинним перемішуванням і тридцятихвилинним відстоюванням проби. Форми фосфору визначали за загальноприйнятими методиками [4, 5].

Результати досліджень біологічного очищення стічних вод від сполук Фосфору наведені у таблиці. Процес анаеробної деградації можна поділити на три основні стадії: дві мікробіологічні і ферментативний гідроліз. В анаеробних умовах факультативно-анаеробні мікроорганізми активного мулу розкладають частину субстрату, що містить органічні речовини, які не розкладаються, або розкладаються повільно і перетворюють їх в добре розчинні сполуки, такі як ацетат, пропіонат, бутират і лактат. Утворені органічні сполуки тут же засвоюються і запасуються бактеріями у вигляді полімерних насичених оксикислот (ПНО). Енергію, необхідну для цього, отримують під час розкладання поліфосфатів, які входять до складу сполук, що акумулюють велику кількість енергії – аденозиндифосфатної (АДФ) і аденозинтрифосфатної (АТФ) кислот. При цьому утворюється ортофосфат, який переходить у розчин. Це підтверджується і результатами досліджень, наведеними у таблиці. Справді, в анаеробних умовах кількість загального фосфору і ортофосфатів зростає порівняно з їх початковим вмістом, а ХСК зменшується через вилучення розчинених органічних сполук і їх засвоєння мікроорганізмами. Паралельно з утворенням полімерних насичених оксикислот відбувається засвоєння глікогену. Наявність нітрату негативно впливає на анаеробні процеси, тому що факультативні денітрифікатори мають перевагу у засвоєнні деяких речовин, що легко розкладаються, і які могли б запасати фосфор-акумулюючі бактерії.

В аноксидних і аеробних умовах мікроорганізми вживають фосфати, які розчинені у воді, та запасують їх у вигляді поліфосфатів, паралельно синтезуючи глікоген. Кількість засвоєного фосфору значно перевищує потребу мікроорганізмів у цьому макронутрієнті, який використовується для побудови клітини. Під час аеробного очищення спостерігається значний приріст активного мулу, надлишок його час від часу виводиться із системи. Разом з

надлишковим мулом сполуки Фосфору видаляються з очищеної води, запобігаючи їх потраплянню у довкілля.

Вплив умов перебігу біологічних процесів на показники якості очищення стоків

Показники	Нормативні [7]	Початкові стоки	Анаеробна зона	Аноксидна зона	Аеробна зона
pH	6,5 – 9,0	6,5...7,4	7,4...8,2	7,5...8,2	7,5...8,1
Біологічне споживання кисню (БСК), г O ₂ /м ³	< 15	68...145	39...97	31...82	14...35
Хімічне споживання кисню (ХСК), г O ₂ /м ³	< 80	128...286	87...204	64...146	48...85
Завислі речовини (ЗР), г/м ³	< 15	85...220	58...145	37...94	13...69
Фосфор загальний, P _{заг.} , г/м ³	< 3	4,5...15,6	8,6...24,5	6,8...16,7	3,8...7,5
PO ₄ ³⁻ , г/м ³	-	3,2...11,7	7,8...8,9	6,9...8,7	3,6...6,2

В аноксидних умовах швидкість вживання фосфору є дещо нижчою, ніж в аеробних, і вона залежить від кількості денітрифікуючих бактерій серед ФАО. Зниження швидкості на практиці становить 50 – 70 %.

За високого вмісту сполук Фосфору не завжди вдається його видаляти біологічними методами. У цьому випадку використовують реагентні методи. Хімічні реагенти можна подавати перед першим відстійником в анаеробну зону або після аеробного очищення перед другим відстійником. Під час введення реагентів перед першим відстійником переважно покращаються процеси освітлення і вилучення завислих і частково розчинених речовин, до складу яких входить фосфор. Але у цьому випадку буде велика перевитрата реагенту, і тому, зважаючи на їх вартість, від цього варіанта відмовилися. Як бачимо з таблиці, найбільше сполук Фосфору виділяється в анаеробній зоні, тому провели дослідження щодо визначення кількості і виду реагенту, який будуть подавати у цю зону. Враховуючи те, що значна кількість фосфору акумулюється мікроорганізмами в аеробній зоні, було прийняте рішення про проведення досліджень вилучення надлишку фосфору перед вторинним відстійником. Використовували сполуки Феруму і Алюмінію. Від використання сполук Кальцію відмовилися, тому що навіть невеликі його кількості дуже збільшують pH водних розчинів (pH ≥ 9) і викликають інтоксикацію гідробіоценозу. Використання сполук Кальцію вимагає ретельного контролю за дозуванням реагенту з подальшим піддуговування стоків, які очищають.

Проведені дослідження показали, що на вилучення сполук Фосфору в анаеробній зоні впливає кількість і вид реагенту. Найбільшого вилучення (~ 90 %) досягали, використовуючи Al₂(SO₄)₃ в кількості 40 мг/дм³ (в перерахунку на Al₂O₃). Використання такої самої кількості Fe₂(SO₄)₃ дає змогу вилучити тільки 82 % фосфору, а за використання FeSO₄ ступінь вилучення ще нижчий (~ 56 %). Під час реагентного вилучення фосфору за цих умов спостерігається деяке зниження pH (для сполук Алюмінію від 8,2 до 6,5, а для Феруму – до 7,1) і зменшення лужності у межах 1,0...1,5 ммольекв./дм³. Аналогічні залежності спостерігаються і під час вилучення сполук Фосфору після зони аерації. У цьому випадку кращих результатів досягали під час використання FeSO₄ (ступінь вилучення ~ 80 %), і це закономірно. В анаеробних умовах розчинений кисень був відсутній, а коагулюючі властивості феруму (II) сульфату гірші, ніж феруму (III) сульфату. В аеробних умовах Ферум (II) окиснився до Феруму (III). Зміни pH і лужності в аеробних умовах такі самі, як і в анаеробних. Отже, спільне використання біологічних і реагентних методів дасть змогу повністю видалити сполуки Фосфору.

Висновки. Результати проведених досліджень показали, що для біологічного вилучення фосфору процес очищення потрібно проводити, чергуючи анаеробні і аеробні зони. За високого

вмісту фосфатів у стічних водах біологічний метод очищення потрібно комбінувати із хімічним. Вибір виду реагенту залежить від його доступності і вартості у регіоні, де очищають стоки. Місце його введення для кожного конкретного випадку встановлюється індивідуально на основі попередніх лабораторних досліджень з подальшою перевіркою отриманих результатів у промислових умовах.

1. Яковлев С.В., Карелин Я.А., Ласков Ю. М., Воронов Ю.В. *Очистка производственных сточных вод.* – 1-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1985. – 335 с. 2. Хенце М., Армоэс П., Ля-Кур-Янсен Й., Арван Э. *Очистка сточных вод.* – М.: Мир, 2004. – 480 с. 3. Калюжный С.В., Данилович Д.А., Ножевникова А.Н. *Анаэробная биологическая очистка сточных вод.* – М.: ВИНТИ, Итоги науки и техники, сер. Биотехнология. – 1991. – 29. – 187 с. 4. *Унифицированные методы анализа воды / под ред. Ю.Ю. Лурье.* – М.: Химия, 1973. – С.39–41. 5. *Руководство по химическому и технологическому анализу воды.* – М.: Стройиздат, 1973. – 273 с. 6. *Правила приймання стічних вод підприємств у комунальні та відомчі системи каналізації населених пунктів України №37, 19.02.2002 // Правила Державного комітету будівництва, архітектури та житлової політики України.*