УДК 628.316

Г.В. Кримець, канд. техн. наук,
І.М. Астрелін, д-р техн. наук, проф.,
О.С. Федоров, бакалавр,
Нац. техн. ун-т України "КПІ"

ОЧИСТКА СТИЧНИХ ВОД ВІД ФОСФОРОВМІСНИХ ПОЛЮТАНТІВ

Г.В. Кримець, І.М. Астрелін, О.С. Федоров. Очистка стічних вод від фосфоровмісних поллютантів. Розглянуто проблему забруднених сполуками фосфору стічних вод. Запропоновано можливий механізм вилучення фосфатів за допомогою іонів полівалентних металів (на прикладі іону заліза). Встановлено, що кращим реагентом для вилучення сполук фосфору зі стічних вод є сульфат заліза (III). Встановлено оптимальні дози та інтервал рН застосування сульфату заліза (III) для вилучення сполук фосфору зі стічних вод.

Ключові слова: стічні води, сполуки фосфору, сульфат заліза (III).

Г.В. Кримець, И.М. Астрелин, А.С. Федоров. Очистка сточных вод от фосфорсодержащих поллютантов. Рассмотрена проблема загрязненных соединениями фосфора сточных вод. Предложен возможный механизм изъятия фосфатов с помощью ионов поливалентных металлов (на примере иона железа). Установлено, что лучшим реагентом для извлечения соединений фосфора из сточных вод является сульфат железа (III). Установлены оптимальные дозы и интервал рН применения сульфата железа (III) для извлечения соединений фосфора из сточных вод.

Ключевые слова: сточные воды, соединения фосфора, сульфат железа (III).

G.V. Krymets, I.M. Astrelin, A.S. Fedorov. Wastewater treatment from phosphorous-containing pollutants. The problem of wastewater contaminated with phosphorus compounds is considered. A plausible mechanism for removal of phosphates by polyvalent metal ions (on the example of iron ion) is proposed. It is found that the best reagent for removing phosphorus compounds from wastewater is sulphate of iron (III). The optimum doses and pH range for using sulphate of iron (III) to remove phosphorus from wastewater are established.

Keywords: wastewater, phosphorus compounds, iron sulfate (III).

Вступ

Погіршення екологічного стану є однією з основних загроз сталому розвитку країни. Чи не в першу чергу це стосується стану природної води, якість якої неуклінно погіршується. Основними забруднювачами природних вод є нафтопродукти, важкі метали, сполуки фосфору. При потраплянні до природних водойм вони обумовлюють розвиток ряду надзвичайно негативних процесів, зокрема, загнивання та цвітіння води. Основними причинами потрапляння даних речовин вказаних поллютантів у природні водойми є недосконалість систем очистки стічних вод та абсолютно безконтрольне використання синтетичних мийних засобів з великою часткою сполук фосфору в їх складі. Оскільки законодавчим шляхом обмежити чи контролювати використання синтетичних мийних засобів поки що неможливо, то для збереження природних водойм залишається лише один шлях — вдосконалення систем очистки стічних вод перед їх скиданням до природних водойм. Існуючі технології очистки стічних вод розроблені більше 50 років тому. При розробці цих технологій не враховувалась поява в стічних водах в значних кількостях нетипових компонентів, таких як сполуки фосфору.

Постановка завдання

Класична технологія очистки стічних вод включає в себе механічну обробку з подальшим аеробним біологічним окисненням і призначена, в основному, для вилучення з води загального органічного вуглецю (ЗОВ). При потраплянні до таких очисних систем сполук фосфору пору-

шується їх нормальна робота і не досягається необхідний ступінь очистки і продуктивність (для збільшення ступеня очистки зменшують продуктивність біологічної очистки). Одним з розв'язань даної проблеми є попередня дефосфатизація стічної води за допомогою неорганічних реагентів [1].

Тому важливою є розробка ефективної технології дефосфатизації стічної води з використанням недорогих ефективних реагентів.

Результати експериментальних досліджень

Найбільш доступним і здійснюваним для очищення великих обсягів стічних вод на діючих міських та інших очисних спорудах є метод осадження сполук фосфору, який передбачає використання реагентів на різних стадіях очищення. При використанні хімічних методів обробки стічних вод іони реагенту взаємодіють з розчинними солями ортофосфатної кислоти, внаслідок чого відбувається утворення дрібнодисперсного колоїдного осаду фосфатів, який важко відділити від очищеної води. У той же час хімічний реагент реагує з наявними у воді луками, утворюючи осад з великими пластівцями. Цей осад спричиняє коагуляцію дрібнодисперсного колоїдного осаду фосфатів і завислих речовин, а також адсорбує деяку частину органічних сполук, що містять фосфор; далі цей осад виводиться з системи [2].

Найбільш імовірний механізм хімічного осадження фосфатів заснований на утворенні нерозчинних фосфатів металів при взаємодії розчинних фосфатів із солями металів (Fe, Al, Ca), наприклад,

Незважаючи на високий ефект очищення і можливість застосування як реагентів відходів виробництва, застосування реагентних методів ускладнює технологію очищення стічних вод і збільшує її собівартість. Видалення фосфатів тільки хімічними та фізико-хімічними способами обмежене тому, що ці методи мають ряд недоліків: високу вартість реагентів, необхідних для застосування цих методів; вторинне забруднення, що утворюється після застосування коагулянту. Біологічні методи видалення біогенних елементів із стічних вод порівняно з фізико-хімічними методами є екологічно чистими і дешевшими, оскільки виключають застосування неорганічних реагентів. Використання останніх виправдано лише в поєднанні з біологічним очищенням при необхідності додаткового видалення сполук фосфору. При цьому введення реагентів доцільно проводити в мулові води, що утворюються на стадіях обробки осаду і повертаються на вхід очисних споруд.

Для вирішення поставленого завдання проведено дослід з хімічного вилучення сполук фосфору до величини, максимально допустимої для біологічної очистки.

Результати пошукових досліджень вибору реагенту та визначення його оптимальної дози наведені на рис. 1. Досліджувались коагулянти $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Для дослідів обрали імітат стічної води, що містить $C^0_{\text{фосфатів}} = 25 \text{ мг/дм}^3$ (у перерахунку на ортофосфат). Така концентрація фосфатів відповідає концентрації останніх у стічних водах лівобережного колектора м. Києва [1].

Як видно з рисунка 1, найкращим реагентом для вилучення сполук фосфору зі стічної води є $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$. Даний реагент здатен вилучати сполуки фосфору зі стічної води на 96 % при дозі вже 100 мг/дм^3 . Оскільки кислотність середовища досить суттєво впливає на процеси вилучення, вивчено вплив pH на ефективність ви-

Рис. 1. Залежність ступеня вилучення сполук фосфору ($C^0_{\text{фосфатів}} = 25 \text{ мг/дм}^3$) від дози реагенту: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (1), $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ (2), $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (3)

Рис. 2. Вплив рН середовища на ефективність вилучення сполук фосфору

лучення сполук фосфору. Результати цих досліджень наведено на рис. 2 ($C^0_{\text{фосфатів}}=25$ мг/дм³, доза реагенту осаджувача 100 мг/дм³).

Як видно з наведених даних, оптимальним рН для вилучення сполук фосфору є 6...7. При подальшому зростанні рН спостерігається зниження ступеня очистки, оскільки поряд з реакціями осадження фосфатів перебігають реакції утворення гідроксидів заліза.

Висновок

З одержаних результатів можна зробити такі висновки: для вилучення зі стічних вод сполук фосфору доцільно застосовувати хімічні методи. Реагентом осаджувача пропонується використовувати $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ при дозі 100 мг/дм³ та рН у інтервалі 6...7. За таких умов досягається 96 % видалення сполук фосфору зі стічних (зокрема, муніципальних) вод.

Література

1. Андрусишина, І.М. Обережно — фосфати / І.М. Андрусишина. Вода и водоочисные технологии. — 2012. — № 5(65). — С. 4 — 9.
2. Методы очистки городских сточных вод от биогенных элементов / Е.М. Крючихин, А.Н. Николаев, Н.А. Жильникова, Н.Ю. Большаков // Водоочистка. — 2007. — № 1. — С. 30 — 34.

References

1. Andrusyshyna, I.M. Oberezhno — fosfaty [Beware of phosphates] / I.M. Andrusyshyna. Voda i vodoochisnye tekhnologii. Nauchno-prakticheskiy zhurnal [Water and Water Treatment Technologies. Scientific and Practical Journal]. — #5(65). — 2012. — pp. 4 — 9.
2. Metody ochistki gorodskikh stochnykh vod ot biogennykh elementov [Methods of of urban waste water treatment from nutrients] / E.T. Kryuchikhin, A.N. Nikolaev, N.A. Zhil'nikova, N.Yu. Bol'shakov. — Vodoochistka [Water Purification]. — #1. — 2007. — pp. 30 — 34.

Рецензент д-р техн. наук, проф. Одес. нац. політехн. ун-ту Кожухар В.Я.

Надійшла до редакції 18 жовтня 2013 р.