



УКРАЇНА

(19) UA (11) 56618 (13) A

(51) 7 C02F1/62

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ  
НА ВІНАХІДВидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

## (54) СПОСІБ ОЧИСТКИ ПРОМИСЛОВИХ СТИЧНИХ ВОД

1

2

(21) 2002086403

(22) 01 08 2002

(24) 15 05 2003

(46) 15 05 2003, Бюл №5, 2003 р

(72) Ранський Анатолій Петрович, Плоксенко Ірина Леонідівна, Шрам Віктор Петрович, Шибітченко Людмила Нікіфорівна, Гайдідей Ольга Владиславівна

(73) УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(57) 1 Спосіб очистки промислових стічних вод, який включає коректування величини рН середовища, додавання стехіометричної кількості фосфат-іонів, відстоювання осаду подвійних солей та їх виділення, який відрізняється тим, що в стічних водах коректування рН середовища ведуть додаванням солей  $\text{NF}_4^+$  або аміачної води, або фосфат-іонів /або одного чи кількох іонів перехіднихметалів  $\text{M}^{2+}$ , де  $\text{M}^{2+} = \text{Fe}^{2+}, \text{Co}^{2+}, \text{Zn}^{2+}, \text{Cu}^{2+}, \text{Ni}^{2+}, \text{Mn}^{2+}$  та  $\text{Mg}^{2+}$  у вигляді водних розчинів для забезпечення стехіометричного співвідношення  $\text{M}^{2+} \text{NH}_4^+ \text{PO}_4^{3-} = 1:1:1$ 2 Спосіб за п 1, який відрізняється тим, що як джерело  $\text{PO}_4^{3-}$ -іонів застосовують розчини  $\text{Na}_3\text{PO}_4, \text{H}_3\text{PO}_4$ , амофосу або іншої фосфатвмісної сировини3 Спосіб за п 1, який відрізняється тим, що добути осади подвійних солей типу  $\text{MNH}_4\text{PO}_4$  виділяють, а фільтрат повертають у технологічний цикл або подають на скидання4 Спосіб за п 1, який відрізняється тим, що добути осади подвійних солей типу  $\text{MNH}_4\text{PO}_4$  піддають піролізу при  $400-700^\circ\text{C}$ , а фільтрати повертають у технологічний цикл або подають на скидання

Винахід належить до способів очистки промислових стічних вод, зокрема, стічних вод гальванічних та хімічних підприємств від іонів амонію, перехідних металів та/або фосфат-іонів, в залежності від складу стічних вод. Солі складу  $\text{MNH}_4\text{PO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  ( $\text{M} = \text{Mg}^{2+}, \text{Fe}^{2+}, \text{Co}^{2+}, \text{Zn}^{2+}, \text{Cu}^{2+}, \text{Ni}^{2+}, \text{Mn}^{2+}$ ), які утворилися в результаті очистки стічних вод, можуть застосовуватися у виробництві мінеральних добрив, або як добавки в фосфатуючі розчини, як компоненти люмінофорів, пігментів, інгібіторів корозії, а також у гальванотехніці.

Відомий спосіб очистки стічних вод (СВ), які містять катіони  $\text{NH}_4^+$ , шляхом зв'язування катіонів амонію у нерозчинну сіль  $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . Процес відбувається в реакторі, куди одночасно подаються СВ,  $\text{MgO}$  та  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , де протягом 15 - 30хв відбувається утворення осаду  $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , його фільтрування, додавання  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  для створення рН8 - 9,5 та скидання СВ у каналізацію. Ступінь вилучення  $\text{NH}_4^+$ -катіонів становить 98,4% при залишковій концентрації  $\text{NH}_4^+$  та  $\text{PO}_4^{3-}$  в очищених СВ відповідно 20 та 12мг/л. Осад  $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  рекомендований як добриво у сільському господарстві [S R Rainer/Mull und Abgall -1988 -V 20,

№10 -S 469-472]

Недоліком способу є, по-перше, низький ступінь очистки СВ, обумовлений неможливістю очистки СВ, які містять катіони  $\text{NH}_4^+$  та важких металів при їх сумісній присутності, а також високою залишковою кількістю  $\text{NH}_4^+$ -іонів, а по-друге, необхідність додавання  $\text{H}_3\text{PO}_4$  та  $\text{MgO}$ .

Відомий спосіб вилучення  $\text{NH}_4^+$  та  $\text{PO}_4^{3-}$  із СВ при їх сумісній присутності, згідно з яким у воду, що пройшла механічну та біологічну очистку, при коректуванні рН до 7 - 10, додають сіль  $\text{Mg}^{2+}$  та/або  $\text{MgO}$ , а також  $\text{PO}_4^{3-}$  та/або  $\text{H}_3\text{PO}_4$  у стехіометричному співвідношенні  $\text{Mg} : \text{N} : \text{P} = (1,1 - 2) (0,5 - 1,1) (0,5 - 1,1)$ . Цей спосіб дозволяє досягти у воді після кристалізації та відокремлення  $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  мінімального вмісту  $\text{NH}_4^+$  або  $\text{PO}_4^{3-}$ -іонів. Наступне доочищення від надлишкових фосфат-іонів проводиться їх осаджуванням катіонами  $\text{Ca}^{2+}, \text{Al}^{3+}, \text{Fe}^{3+}$ . Добутий  $\text{MgNH}_4\text{PO}_4$  запропонований як мінеральне добриво [Пат № 3732896 ФРГ 4C02F 1/58 Спосіб виділення іонів амонія и фосфата из сточных и промышленных вод / S R Rainer, T Yawari Заявл 30 09 87, опубл 25 08 88, РЖ ИСМ Вып 55 № 3,

(19) UA (11) 56618 (13) A

1989 С 17]

Недоліком способу є низький ступінь очистки, обумовлений неможливістю очищення СВ, які містять катіони  $\text{NH}_4^+$  та важких (перехідних) металів при їх сумісній присутності, а також необхідність доочищення відпрацьованих СВ від надлишкової кількості  $\text{PO}_4^{3-}$ -аніонів

Найбільш близьким за технічною суттю до винаходу, який заявляється, є спосіб очищення СВ, які містять  $\text{NH}_4^+$ , також  $\text{Zn}^{2+}$  та  $\text{Mn}^{2+}$ -катіони, згідно з яким СВ обробляються лугом рН до 8 - 10, потім додають  $\text{H}_3\text{PO}_4$  до рН = 5,5 - 8,0. Реакційну суміш нагрівають до 45 - 50°C при одночасній аерації повітрям протягом 10 - 15хв до утворення осаду  $\text{MgNH}_4\text{PO}_4$ , який відстоюють та відокремлюють [А С № 43788 НРБ МКІ 4С02F 1/58, 4С02F 1/62. Метод за пречистване на отпадъни води, съдържащи амоняк, цинкови и маганови йони / Христова С Г, Сирапов В И, Христосков Х Г. Заявл 18 03 87, № 79841, опубл 29 07 88, Бюл № 7] (прототип)

Недоліком прототипу є низький ступінь очистки, обумовлений неможливістю очищення СВ від катіонів інших перехідних металів ( $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  тощо) та  $\text{Mg}^{2+}$

В основу винаходу поставлена задача вдосконалення способу очистки СВ гальванічних та хімічних виробництв від іонів  $\text{NH}_4^+$  та/або  $\text{PO}_4^{3-}$  і/або іонів перехідних металів  $\text{M}^{2+}$  ( $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ) та  $\text{Mg}^{2+}$  при їх сумісній присутності та їх регенерації шляхом коректування СВ одним або кількома хімічними реагентами для створення необхідного стехіометричного співвідношення по  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{M}^{2+}$  та  $\text{PO}_4^{3-}$  забезпечивши, по-перше, зниження концентрації  $\text{NH}_4^+$ , іонів перехідних металів, та  $\text{PO}_4^{3-}$  до рівня ГДК, по-друге, застосування добутих солей як компонентів мінеральних добрив

Поставлена задача досягається тим, що у відомому способі очистки СВ, який включає коректування величини рН середовища, додавання стехіометричної кількості фосфат-іонів, відстоювання осаду подвійних солей та їх виділення, згідно з винаходом, коректування рН середовища ведуть додаванням солей  $\text{NH}_4^+$  або аміачної води, або фосфат-іонів і/або одного чи кількох іонів перехідних металів  $\text{M}^{2+}$ , де  $\text{M}^{2+} = \text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  та  $\text{Mg}^{2+}$  у вигляді водних розчинів для забезпечення стехіометричного співвідношення  $\text{M}^{2+} \text{NH}_4^+ \text{PO}_4^{3-} = 1 \ 1 \ 1$

Як джерело  $\text{PO}_4^{3-}$ -іонів застосовують розчини  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ , амофосу або іншої фосфатвмісної сировини, а отримані при цьому осади подвійних солей  $\text{MNH}_4\text{PO}_4$  висушують або піддають піролізу при 400 - 700°C, а фільтрат повертають у технологічний цикл або подають на скид

Стічні води гальванічних та хімічних виробництв надзвичайно різноманітні за хімічним складом, їх можна поділити на 4 основні групи відповідно до винаходу, який заявляється

- а) такі, що містять амонійний азот ( $\text{NH}_4^+$ ),
- б) такі, що містять один, кілька або всі катіони перехідних металів,
- в) такі, що містять катіони  $\text{NH}_4^+$  та перехідні

метали,

г) такі, що містять  $\text{NH}_4^+$  та  $\text{PO}_4^{3-}$ -іони

У запропонованому винаході СВ в залежності від їх хімічного складу обробляються по-різному

Як джерело  $\text{NH}_4^+$ -катіонів можуть застосовуватись соли амонію, аміачна вода  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , або газоподібний аміак. Найбільш економічним є використання відпрацьованих розчинів, що містять  $\text{NH}_4^+$

Як джерело  $\text{PO}_4^{3-}$ -іонів застосовують  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , розчинні фосфати ( $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  тощо) промислові відходи, які містять  $\text{PO}_4^{3-}$ -іони після переведення їх у розчинний стан (шлами фосфатування, фосфогіпс, фосфорвмісні шлаки), відпрацьовані фосфатвмісні розчини. В окремих випадках віддають перевагу амофосу або діамфосу, які містять одночасно  $\text{NH}_4^+$  та  $\text{PO}_4^{3-}$ -іони

При необхідності введення іонів перехідних металів застосовують соли реактивної чистоти, лужні розчини відходів чорної або кольорової металургії, які містять необхідні іони у будь-якому співвідношенні, а також відпрацьовані промислові розчини (травильні розчини, ванни лужнення та цинкування)

Незалежно від типу СВ відокремлюють осади подвійної солі або їх сумішей від рідкої фази. Фільтрати повертають у технологічний цикл або скидають, а осади, в залежності від сфери можливого застосування, висушують, зберігаючи структуру типу  $\text{MNH}_4\text{PO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  або піддають піролізу при температурі 400-700°C до утворення відповідних пірофосфатів  $\text{M}_2\text{P}_2\text{O}_7$ . Останні можуть бути застосовані, зокрема, в гальванотехніці

Процес очистки СВ описується у загальному вигляді такою схемою

$$\text{MX}_2 + \text{NH}_4\text{X} + \text{M}'_3\text{PO}_4 = \text{M NH}_4\text{PO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O} + 3\text{M}'\text{X},$$

де  $\text{M}^{2+} = \text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{M}' = \text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{H}^+$

$\text{X} = \text{Cl}$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{CH}_3\text{COO}$ ,  $\text{OH}$ ,  $\text{HCOO}$ ,  $\text{Br}$ ,  $1/2\text{SO}_4$ ,  $n = 1 - 6$

При піролізі подвійних солей відбуваються процеси

$$\text{M NH}_4\text{PO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O} = \text{M HPO}_4 + \text{NH}_3 + n\text{H}_2\text{O}$$

$$\text{M HPO}_4 = \text{M}_2\text{P}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{O}$$

$$t = 400 - 700^\circ\text{C}$$

Наводимо приклад виконання запропонованого винаходу

Приклад

У реактор об'ємом 500л заливають стічні води гальванічного виробництва (205л). Після хімічного аналізу на вміст компонентів  $\text{NH}_4^+$ -катіонів доводять значення рН до 10 і при перемішуванні додають розчин 336,0г (0,9моль)  $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  в 1 л води та розчин 224,6г (0,9моль) в 1 л води. Реакційну суміш відстоюють протягом 4,0 годин, відділяють від осаду декантацією, залишок відфільтровують і зважують у вологому стані (маса 327,7г). Маса осаду після висушування становить 172,4г. Вологість солі 47,4%, вихід 98,5%. Проводять хімічний аналіз стічних вод після осаджування солі: концентрація  $\text{NH}_4^+$  у фільтраті становить 0,18мг/л, ступінь очистки СВ від  $\text{NH}_4^+$  - 99,78%. Результати експериментів з очистки СВ зведені у табл 1 - 4

## Очистка стічних вод, які містять іони амонію

№ пп	Операції процесу очистки стічних вод, які містять амоній-іони	Завантажено у реактор, концентрації розчинів
1	Аналіз СВ та коректування за-іонами	
	1 Об'єм розчину СВ у реакторі, л	205
	2 Вихідна концентрація $\text{NH}_4^+$ -іонів, г/л (моль/л)	0,078 ( $4,33 \cdot 10^{-3}$ )
	3 ГДК за $\text{NH}_4^+$ -іону, мг/л (люд /риб)	2,0 / 0,2
	4 Перевищення ГДК по $\text{NH}_4^+$ -іону (кількість разів)	39 / 390
	5 Необхідно додати $\text{PO}_4^{3-}$ -іонів, г (моль)	84 (0,900)
2	Утворення $\text{CuNH}_4\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	
	1 Необхідна кількість іонів $\text{Cu}^{2+}$ , г (моль)	57,2 (0,900)
	2 У перерахунку на $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , г (моль)	224,6 (0,900)
	3 Тривалість відстоювання, год	4,0
	4 Концентрація $\text{NH}_4^+$ -іонів у фільтраті, мг/л	0,18
	5 Ступінь очистки СВ від іонів МНД % а) було $\text{NH}_4^+$ -іонів б) стало $\text{NH}_4^+$ -іонів	99,78 16,0 $3,69 \cdot 10^2$
3	Висушування осаду $\text{CuNH}_4\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	
	1 Маса вологого осаду, г	327,7
	2 Маса сухого осаду, г	172,4
	3 Вологість осаду, %	47,4
	4 Вихід продукту, %	98,5

Таблиця 2

Очистка стічних вод, які містять іони  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ 

№ пп	Операції процесу очистки стічних вод, які містять іони $\text{Cu}^{2+}$ , $\text{Zn}^{2+}$	Завантажено у реактор, концентрації розчинів
1	2	3
1	Аналіз СВ на іони $\text{Cu}^{2+}$ , $\text{Zn}^{2+}$	
	1 Об'єм розчину СВ у реакторі, л	205
	2 Концентрація $\text{Cu}^{2+}$ в розчині, г (моль/л)	0,015 ( $2,36 \cdot 10^{-4}$ )
	3 Концентрація $\text{Zn}^{2+}$ в розчині, г (моль/л)	0,035 ( $5,35 \cdot 10^{-4}$ )
	4 ГДК $\text{Cu}^{2+}$ , мг/л	1,0
	5 Перевищення ГДК по $\text{Cu}^{2+}$ -іону (кількість разів)	15
	6 ГДК $\text{Zn}^{2+}$ , мг/л	0,1
2	Внесення іонів $\text{NH}_4^+$	
	1 Кількість іонів $\text{NH}_4^+$ на іони $\text{Cu}^{2+}$ , г (моль)	0,87 (0,0484)
	2 Кількість іонів $\text{NH}_4^+$ на іони $\text{Zn}^{2+}$ , г (моль)	1,9(0,1097)
	3 Загальна кількість $\text{NH}_4^+$ -іонів, г	2,87
3	У перерахунку на $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , г	10,41
	Внесення іонів $\text{PO}_4^{3-}$	
4	1 Кількість іонів $\text{PO}_4^{3-}$ на іони $\text{NH}_4^+$ , г (моль)	15,0(0,158)
	2 У перерахунку на $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ , г(моль)	60,0 (0,158)
4	Кількість солі $\text{MNH}_4\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , що утворюється	
	1 Теоретична кількість $\text{CuNH}_4\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , г	9,41
	2 Теоретична кількість $\text{ZnNH}_4\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , г	21,53
5	3 Тривалість відстоювання, год	4,0
	Фільтрування	
	1 Концентрація іонів $\text{Cu}^{2+}$ у фільтраті, мг/л	0,12
	2 Ступінь очистки СВ від іонів $\text{Cu}^{2+}$ , %	99,2
6	3 Концентрація іонів $\text{Zn}^{2+}$ у фільтраті, мг/л	0,60
	4 Ступінь очистки СВ від іонів $\text{Zn}^{2+}$ , %	98,3
6	Висушування осадів $\text{MNH}_4\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	
	1 Маса вологого осаду, г	47,69
	2 Маса сухого осаду, г	30,52

1	2	3
6	3 Вологість осаду, %	36,0
	4 Вихід $\text{CuNH}_4\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , %	99,90
	5 Вихід $\text{ZnNH}_4\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , %	98,4

Таблиця 3

## Очистка стічних вод, які містять іони амонію та перехідні метали

№ пп	Операції процесу очистки стічних вод, які містять іони амоній та перехідні метали	Завантажено у реактор, концентрації розчинів
1	Аналіз СВ на іони амонію та перехідні метали	
	1 Об'єм розчину СВ у реакторі, л	205
	2 Концентрація $\text{NH}_4^+$ -іонів, г/л (моль/л)	0,0285 ( $1,58 \cdot 10^{-3}$ )
	3 Кількість $\text{NH}_4^+$ -іонів, г (моль)	5,584 (0,325)
	4 Перевищення ГДК по $\text{NH}_4^+$ -іону (кількість разів) (люд /риб)	14,25 (142,5)
	5 Концентрація $\text{Cu}^{2+}$ -іонів, г/л (моль/л)	0,0108 ( $1,7 \cdot 10^{-4}$ )
2	6 Перевищення ГДК по $\text{Cu}^{2+}$ -іону (кількість разів)	10,8
	Коректування СВ за іонами $\text{Cu}^{2+}$	
	1 Необхідна кількість іонів $\text{Cu}^{2+}$ , г (моль)	20,65 (0,325)
3	2 Необхідно додати іонів $\text{Cu}^{2+}$ , г (моль)	18,44 (0,290)
	3 У перерахунку на $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , г (моль)	72,36 (0,29)
	Осадження $\text{CuNH}_4\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	
4	1 Необхідна кількість $\text{PO}_4^{3-}$ іонів, г (моль)	30,88 (0,325)
	2 У перерахунку на $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ , г (моль)	123,5 (0,325)
	3 Теоретична кількість $\text{CuNH}_4\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , г (моль)	63,23 (0,325)
4	Фільтрування та висушування осаду $\text{CuNH}_4\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	
	1 Концентрація $\text{NH}_4^+$ -іонів у фільтраті, мг/л	0,15
	2 Ступінь вилучення іонів $\text{NH}_4^+$ , %	99,32
	3 Концентрація іонів $\text{Cu}^{2+}$ у фільтраті, мг/л	0,68
	4 Ступінь вилучення іонів $\text{Cu}^{2+}$ , %	99,32
	5 Маса вологого осаду, г	100,0
	6 Маса сухого осаду, г	62,79
7 Вологість, г	37,2	

Таблиця 4

Очистка стічних вод, які містять  $\text{NH}_4^+$  і  $\text{PO}_4^{3-}$  іони

№ пп	Операції процесу очистки стічних вод, які містять $\text{NH}_4^+$ та $\text{PO}_4^{3-}$ іони	Завантажено у реактор, концентрації розчинів	
		Отримання $\text{ZnNH}_4\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	отримання $\text{CuNH}_4\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$
1	Аналіз СВ і коректування по $\text{NH}_4^+$ та $\text{PO}_4^{3-}$ іонам		
	1 Об'єм розчину СВ реакторі, л	205	205
	2 Вихідна концентрація $\text{NH}_4^+$ -іонів, г/л (моль/л)	0,011 ( $6,1 \cdot 10^{-3}$ )	0,011 ( $6,1 \cdot 10^{-3}$ )
	3 ГДК $\text{NH}_4^+$ -іонів, мг/л	2,0 0,2	2,0 0,2
	4 Вихідна концентрація $\text{PO}_4^{3-}$ -іонів, г/л (моль/л)	0,024 ( $2,5 \cdot 10^{-3}$ )	0,024 ( $2,5 \cdot 10^{-3}$ )
	5 ГДК $\text{PO}_4^{3-}$ -іонів, мг/л	5,0	5,0
	6 Перевищення ГДК по $\text{NH}_4^+$ -іону (кількість разів)	5,5 (55)	5,5 (55)
	7, Перевищення ГДК по $\text{PO}_4^{3-}$ -іону (кількість разів)	4,8	4,8
	8 Необхідно додати $\text{PO}_4^{3-}$ -іонів, г	6,97	6,97
2	9 У перерахунку на $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ , г	27,88	27,88
	Утворення солі $\text{MNH}_4\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$		
	1 Додано $\text{ZnCl}_2$ , г (моль)	17,08(0,125)	-
	2 Додано $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , г (моль)		31,26 (0,125)
	3 Час відстоювання, год	4,0	4,0
	4 Концентрація $\text{NH}_4^+$ -іонів у фільтраті, мг/л	0,25	-
	5, Ступінь очистки СВ від $\text{NH}_4^+$ -іонів, %	97,73	100,0
6 Концентрація $\text{PO}_4^{3-}$ -іонів у фільтраті, мг/л	1,95	1,42	
7 Ступінь очистки СВ від $\text{PO}_4^{3-}$ -іонів, %	96,6	97,6	

1	2	3	
3	Висушування осаду $MNH_4PO_4 \cdot H_2O$		
	1 Маса вологого осаду, г	40,63	43,6
	2 Маса сухого осаду, г	23,77	24,1
	3 Вологість, г	41,5	45,0
	4 Вихід продуктів, %	96,6	99,0

Таким чином, наведені приклади (табл. 1 - 4) свідчать про можливість ефективного очищення промислових СВ від іонів  $NH_4^+$  та/або перехідних металів та/або  $PO_4^{3-}$ -іонів до залишкових концентрацій цих іонів нижче ГДК.

Отримані сполуки подвійних солей складу мо-

жуть застосовуватися як мікроелементні добавки у мінеральні добрива, як можливі складові компоненти фосфатуючих розчинів, або як компоненти пігментів, інгібіторів корозії. Сполуки складу  $M_2P_2O_7$  можуть бути застосовані як компоненти люмінофорів та в гальванотехніці.