

ХІМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК [66.067.12:661.333]+542.8

Золотарьова О.В.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ПРОЦЕСУ ВИДІЛЕННЯ АМОНІЙНОГО АЗОТУ ЗІ СТІЧНИХ ВОД ХІМІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ МЕТОДОМ ОСАДЖЕННЯ

Стаття присвячена можливості виділення й утилізації амонійного азоту зі стічних вод хімічних підприємств його осадженням у вигляді нерозчинної сполуки – гексагідрату магнійамонійфосфату (МАФ), що використовується як мінеральне добриво. Ця технологія становить інтерес передусім для підприємств, що виробляють азотні добрива. Останніми роками спостерігається значне підвищення вимог до вмісту амонійного азоту у воді природних водоймищ. Дотримання таких жорстких вимог можливе лише за умови підвищення ефективності видалення сполук азоту зі стічних вод, що скидаються у водоймища.

Ключові слова: амонійний азот, гексагідрат магнійамонійфосфат, мінеральні добрива, реактив Несслера, хімічне осадження, дисперсність.

Постановка проблеми. Натепер на багатьох хімічних підприємствах існує проблема виділення й утилізації амонійного азоту зі стічних вод. Наявність іонів амонію у воді в концентраціях понад 1 мг/дм³ знижує здатність гемоглобіну риб зв'язувати кисень. Потрапляючи до водоймищ, амонійний азот стимулює розвиток синьо-зелених водоростей, відбувається евтрофікація (цвітіння) водоймищ. Унаслідок масового гниття водоростей у воді з'являється сірководень, меркаптани, феноли та інші токсичні продукти, зникає кисень, вода стає «мертвою». Отже, перевищення концентрації амонійного азоту є згубним для всього живого, передусім для риб [1, с. 71].

Наявні методи очищення та переробки азотовмісних стічних вод мають високу собівартість, що обмежує їх промислове застосування. Сучасні перспективні методи виділення й утилізації амонійного азоту зі стічних вод є наукоємними, а ще недостатньо вивченими. Однак саме за допомогою цих методів у майбутньому вдасться значно знизити високі економічні витрати на промислове використання цих технологій.

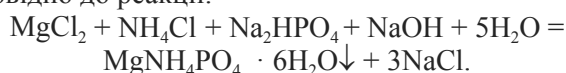
Одним із перспективних методів виділення й утилізації амонійного азоту зі стічних вод хімічних підприємств є його осадження у вигляді нерозчинної сполуки – гексагідрату магнійамонійфосфату (МАФ), що використовується як мінеральне добриво [5, с. 353].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблеми виділення й утилізації амонійного

азоту зі стічних вод хімічних підприємств розглядалися в роботах С.А. Лобанова, А.І. Посторонко, Н.Р. Кобецької та інших учених. Однак і сьогодні під час проведення експерименту осадження амонійного азоту у вигляді нерозчинної сполуки – гексагідрату магнійамонійфосфату – викликає багато запитань.

Постановка завдання. Метою дослідження є розроблення ефективної та економічної технології виділення й утилізації амонійного азоту зі стічних вод хімічних виробництв. Досягнення поставленої мети включає в себе дослідження фізико-хімічного процесу хімічного осадження (кристалізації) магнійамонійфосфату з одержанням кристалів з певною дисперсністю при високому ступені очистки стічних вод.

Виклад основного матеріалу дослідження. З метою дослідження фізико-хімічних закономірностей процесу виділення амонійного азоту зі стічної води проведено експерименти з вивчення процесу осадження магнійамонійфосфату за допомогою гідрофосфату натрію, гідроксиду натрію та хлориду магнію [4]. Осадження відбувалося відповідно до реакції:



До певної кількості модельного розчину стічної води з концентрацією NH_4^+ -іонів 2 г/л у прозорому реакторі, що розміщений у нефелометрі, під час перемішування добавляли стехіометричну кількість еквімолярного розчину гідрофосфату

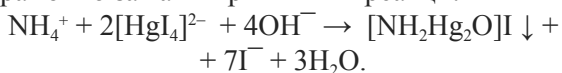
натрію з концентрацією 15,778 г/л, певну кількість 1%-ого розчину гідроксиду натрію, а потім стехіометричну кількість еквімолярного розчину хлориду магнію з концентрацією 10,589 г/л. Отриману суспензію витримували протягом 20 хв. при постійному перемішуванні.

У ході процесу реєстрували величину рН і величину пропускання світлового потоку через прозорий реактор. Оскільки, згідно з рівнянням реакції, величина рН у ході утворення осаду магнійамонійфосфату зменшується, то за зміною величини рН у часі судили про швидкість протікання реакції. За величиною світлопропускання через реактор оцінювали зміну швидкості утворення часток осаду магнійамонійфосфату на початковій стадії протягом певного часу.

Про завершення хімічної реакції та процесу утворення частинок осаду судили за характером залежностей, відповідно, від величини рН і ступеня кристалізації від часу: за час закінчення процесу брали час, після закінчення якого величина рН і ступінь кристалізації практично не змінювалися. Після витримання суспензії вимірювали швидкість седиментації отриманого осаду шляхом відстоювання в градуйованому циліндрі.

1. Визначення вмісту амонійного азоту в стічній воді фотометричним методом з реактивом Несслера

Метод вимірювання масової концентрації іонів амонію полягає в утворенні в лужному середовищі з реактивом Несслера жовтої сполуки йодиду меркурамонію за таким рівнянням реакції:



При низьких концентраціях амонійного азоту ця сполука знаходиться в стійкому колоїдному стані, придатному для колориметрування. При великому вмісті амонійного азоту випадає бурий осад, у цьому випадку визначення необхідно проводити після розбавлення проби.

Масову концентрацію амонію розраховують із застосуванням градуйовальної характеристики, що описує залежність оптичної щільності від вмісту амонію в градуйовальному розчині [3, с. 193].

Підготовка фотоелектроколориметра до роботи проводиться відповідно до інструкції з експлуатації приладу.

Безаміачну воду готують так: двічі перегнану воду пропускають через колонку з катіонітом КУ-2 або СБС.

Основний градуйовальний розчин із масовою концентрацією іонів амонію 1 мг/см³ готується з хлористого амонію, підготовленого за ГОСТ 4212-76: 2,9650 г хлористого амонію розчиняють у мірній колбі обсягом 1000 см³ в не-

ликій кількості безаміачної води, а потім доводять до мітки безаміачною водою.

Робочий градуйовальний розчин із масовою концентрацією іонів амонію 0,005 мг/см³ готують так: 1 см³ основного розчину доводять до мітки безаміачною водою в мірній колбі обсягом 200 см³.

Калій-натрій виннокислий, водний розчин із масовою концентрацією 500 г/дм³ готується так: розчиняють 50 г солі в безаміачній воді, доводять об'єм тією самою водою до 100 см³. Отриманий розчин кип'ятять до зникнення реакції на аміак. Потім охолоджують і доводять до 100 см³ безаміачною водою.

Реактив Несслера готується так: 1,0 г йодиду ртуті (II) і 5,0 г бромиду калію розчиняють у 10 см³ води. До отриманого розчину додають розчин, що містить 2,5 г гідроксиду натрію у 20 см³ води, потім 70 см³ води. Наступного дня прозорий розчин відокремлюють від осаду шляхом декантації. Розчин реактиву зберігають у темному місці в склянці з гумовою пробкою [2, с. 78].

2. Побудова градуйовального графіка

У ряд мірних колб обсягом 50 см³ вносять 1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 6,0; 8,0; 10,0; 12,0 см³ робочого градуйовального розчину іонів амонію, розбавляючи приблизно до половини колби безаміачною водою, додають 0,5 см³ розчину калію-натрію виннокислого, перемішують, потім додають 1 см³ реактиву Несслера, доводять до мітки безаміачною водою та знову перемішують. Отримують розчини з концентраціями іонів амонію 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2 мг/дм³ відповідно. Водночас готується холоста проба: у мірну колбу обсягом 50 см³, наполовину заповнену безаміачною водою, вносять 0,5 см³ розчину калію-натрію виннокислого, 1 см³ реактиву Несслера, доводять до мітки безаміачною водою, перемішують. Через 10 хвилин вимірюють оптичну щільність отриманих розчинів у кюветі з товщиною оптичного шару 2 см на фотоелектроколориметрі із синім світлофільтром. Як розчин порівняння використовується безаміачна вода.

За результатами вимірювання будується градуйовальний графік залежності: оптичної щільності (од. абс.) від масової концентрації іонів амонію (мг/дм³) [2, с. 82].

3. Виконання вимірювань

У мірну колбу обсягом 50 см³ поміщають таку кількість фільтрованої стічної води, щоб у ній містилося не більше ніж 0,06 мг іонів амонію, доливають 0,5 см³ розчину калію-натрію виннокислого, перемішують, потім додають 1 см³ реактиву Несслера, доводять до мітки безаміачною водою та перемішують. Через 10 хвилин вимірюють оптичну щільність отриманих розчинів у кюветі з товщиною оптичного шару 2 см на фотоелек-

троколориметрі із синім світлофільтром відносно дистильованої води [2, с. 82].

4. Дослідження впливу величини рН на процес осадження магнійамонійфосфату

При низькому значенні рН (5,72) величина ступеня очистки стічної води була невисокою (62%), при кінцевому значенні рН = 8,5 і більше досягнуті високі значення ступеня очистки (~95%).

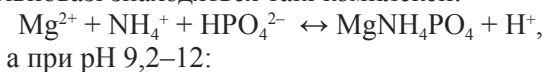
Це пов'язано зі зменшенням розчинення магнійамонійфосфату в лужному середовищі та виділенням осаду у твердій фазі. Як показав аналіз даних про швидкість хімічної реакції, що оцінюється за швидкістю зміни величини рН, реакція утворення магнійамонійфосфату закінчується менше ніж за 180, причому чим вища величина рН, зумовлена наявністю OH^- , тим швидше протікає реакція, що не суперечить закону діючих мас.

Однак досить високі значення рН негативно впливають на ефективність процесу очистки. При кінцевій величині рН = 10,5 (дослід № 4, таблиця 1) ступінь очистки залишається досить високим (93%), тоді як при рН = 12,3 (дослід № 5, таблиця 1) спостерігається різке зниження ступеня очистки до 59%. Звідси можна припустити, що магнійамонійфосфат розчиняється в надлишку лугу. Максимальний ступінь очистки досягається при рН 8,5–10.

Прийнявши, що $\tilde{N}_0^N = \tilde{N}_0^D = 1$, побудували графічну залежність рівноважних концентрацій амонійного азоту й фосфат-іонів від величини рН розчину.

При низьких значеннях рН (у межах від 3 до 7,2) в розчині, що містить фосфат-іони та іони амонію, переважають іони H_2PO_4^- і NH_4^+ .

У діапазоні рН від 7,2 до 12 у розчині переважає іон HPO_4^{2-} , однак при рН вище 9,2 концентрація вільного аміаку починає перевищувати концентрацію іонів NH_4^+ , отже, в діапазоні рН 7,2–9,2 в рівновазі знаходяться такі комплекси:



При рН > 12 у розчині переважно знаходяться NH_3 й іони PO_4^{3-} , однак не можна сказати, що в розчині наявні іони водню H^+ , оскільки реакційне середовище сильнолужне. Отже, найбільш імовірний механізм рівноважної реакції при рН вище 12 подається так:



Під час аналізу отриманих експериментальних даних видно, що при низьких початкових значеннях рН величина рН у ході утворення осаду магнійамонійфосфату зменшується, що свідчить про механізм протікання реакції з утворенням іонів водню H^+ ; при високих початкових значеннях

рН ця величина в ході реакції збільшується, що підтверджує запропонований механізм реакції з утворенням іонів OH^- . Крім того, запропонований механізм рівноважної реакції під час осадження магнійамонійфосфату в лужному середовищі пояснює низький ступінь очистки стічної води від іонів амонію при рН > 11. У разі надлишку іонів OH^- рівновага реакції зміщується в бік утворення вихідних компонентів, що супроводжується розчиненням осаду магнійамонійфосфату й виділенням іонів амонію в рідку фазу.

Аналіз даних щодо швидкості процесу утворення осаду магнійамонійфосфату на початковій стадії, що оцінюється за величиною світлопропускання через суспензію, показав, що утворення часток магнійамонійфосфату відбувається швидко та закінчується практично за 10 с. Чим вища величина рН у процесі реакції, тим швидше протікає процес утворення часток осаду. Це пов'язано зі зменшенням розчинності магнійамонійфосфату в разі збільшення величини рН до певних меж (рН = 10,5). Однак високі значення рН (8,5–11) негативно впливають на швидкість процесу седиментації отриманої суспензії, оскільки лужне середовище призводить до низької розчинності осаду та високого пересичення. Це сприяє високій швидкості зародкоутворення й низькій швидкості росту кристалів, що, у свою чергу, призводить до утворення дрібнодисперсної суспензії, яка повільно відстоюється та фільтрується.

5. Дослідження впливу режиму подачі реагентів на процес осадження магнійамонійфосфату

Для створення невеликого пересичення й одержання крупнокристалічного осаду проведено експерименти з дозованою подачею реагентів за допомогою перистальтичного насоса при оптимальній величині рН = 8,5, також вивчена черговість подачі реагентів. За прямим порядком подачі реагентів до розчину, що містить іони NH_4^+ і PO_4^{3-} та луг, подавали розчин, що містить іони Mg^{2+} . При зворотному порядку подачі реагентів до розчину, що містять іони NH_4^+ і Mg^{2+} , подавали розчин, що містить іони PO_4^{3-} та луг [3, с. 194].

Результати експериментів з різними способами подачі реагентів показали, що ступінь очистки від іонів амонію в усіх експериментах (досліди № 6–9, таблиця 1) був високим, причому його значення були практично однаковими (91–94%). Хімічна реакція завершилася протягом 120–180 с для всіх режимів подачі реагентів.

Різкі зміни величини рН на самому початку процесу в разі миттєвої подачі реагентів (досліди № 6, 8, таблиця 1) пов'язані з недостатнім масообміном у реакторі в початковий момент процесу

й рівновагою, що не встановилася, при додаванні осаджувального реагенту в реактор. У разі прямої дозованої подачі реагентів величина рН плавно знижується за рахунок подачі розчину $MgCl_2$ до лужного розчину, який містить іони NH_4^+ і PO_4^{3-} , до моменту досягнення рівноваги. У разі потрапляння в реактор уже невеликого надлишку розчину $MgCl_2$ величина рН починала різко падати до припинення подачі розчину й устанавлення рівноваги. У разі зворотної дозованої подачі осаджувальних реагентів величина рН у реакторі збільшувалася з подачею лужного розчину, що містить іони NH_4^+ і PO_4^{3-} , до настання моменту насичення та початку масової кристалізації осаду (індукційний період), після чого спостерігалось зниження величини рН. При подальшій подачі лужного розчину величина рН у реакторі збільшувалася до припинення подачі розчину й устанавлення рівноваги.

Процес утворення часток осаду магнійамонійфосфату протікав швидко, причому в експериментах із миттєвою подачею реагентів час досягання максимально досяжного ступеня хімічного осадження становив менше ніж 2 с. Більш тривалий час був потрібен у разі поступової подачі реагентів (10–15 с), що пояснюється невисокою швидкістю подачі осаджувальних реагентів (дослід № 7 і 9, таблиця 1). Як і передбачалося вище, при зворотній дозованій подачі осаджувальних реагентів у зв'язку з низьким початковим значенням величини рН індукційний період є найбільш тривалим порівняно з іншими режимами подачі і становить 10–15 с. При прямій дозованій подачі реагентів утворення частинок магнійамонійфосфату відбувається практично відразу з моменту подачі розчину $MgCl_2$ в реактор, тобто процес масової кристалізації проходить у міру подачі розчину в реактор.

Найбільш високу швидкість седиментації мала суспензія, отримана шляхом зворотної дозованої подачі реагентів (дослід № 9, таблиця 1). Однак така суспензія виявилася полідисперсною (містила як великі, так і дрібні кристали). Це пов'язано з тим, що на початку подачі суміші розчинів Na_2HPO_4 та $NaOH$ у реактор величина рН була невисокою, що сприяло утворенню крупнокристалічного осаду. У процесі подачі реагентів до реакційної суміші величина рН збільшилася, що призвело до високої швидкості зародкоутворення та низької швидкості росту кристалів, а отже, й утворення дрібнокристалічного осаду. Суспензія, отримана при прямій дозованій подачі реагентів (дослід № 7, таблиця 1), була дрібнодисперсною, являла собою осад у вигляді пластивців і мала низьку швидкість седиментації. Це може бути пояснено високими початковими значеннями

величини рН під час осадження. У процесі осадження при поступовій подачі розчину $MgCl_2$ в реакційну суміш зберігається лужне середовище, що сприяє низькому розчиненню осаду магнійамонійфосфату й утворенню дрібнодисперсних часток.

Суспензії, отримані при миттєвій подачі реагентів, мають високі швидкості седиментації. Оскільки при миттєвій подачі рівновага встановлюється практично відразу після введення осаджувальних реагентів у реактор і величина рН у ході процесу вже практично не змінюється та залишається в оптимальному для осадження лужному діапазоні 8–9, утворюється крупнокристалічний монодисперсний осад. Суспензія, отримана при зворотній миттєвій подачі реагентів (дослід № 8, таблиця 1), мала трохи більшу швидкість седиментації в початковий момент часу, ніж при прямій миттєвій подачі (дослід № 6, таблиця 1). Це пов'язано з дещо меншим значенням кінцевої величини рН при осадженні в досліді № 8.

Отже, на дисперсність осаду магнійамонійфосфату мало впливає швидкість подачі реагентів і концентрація компонент, істотно – рівень пересичення, що визначається передусім величиною рН. Швидкості зародкоутворення та росту кристалів магнійамонійфосфату під час процесу кристалізації змінюються суворо відповідно до зміни величини рН, і для одержання монодисперсного осаду величина рН при осадженні повинна бути однаковою в ході всього процесу кристалізації. При цьому величина рН повинна знаходитися в такому діапазоні, котрий би забезпечував як високий ступінь очистки, так й утворення крупнокристалічного осаду.

Також проведені експерименти з вивчення впливу надлишку осаджувальних реагентів щодо амонію при прямій і зворотній подачі реагентів (дослід № 10–11, таблиця 1). Більш високий ступінь очистки (95%) досягається при прямій подачі реагентів з невеликим надлишком (6,7%), тобто при подачі розчину $MgCl_2$ до суміші розчинів NH_4Cl , Na_2HPO_4 та $NaOH$. Це пов'язано з різним механізмом протікання реакції в початковий момент процесу. При зворотній подачі осаджувальних реагентів величина рН у початковий момент часу є невисокою, і реакція осадження магнійамонійфосфату відбувається за механізмом з утворенням іонів H^+ , що трохи збільшує розчинність осаду. При прямій подачі значення величини рН у початковий момент часу лежить у лужному діапазоні, і реакція осадження протікає за механізмом без утворення іонів водню.

Отже, аналіз отриманих результатів щодо виділення амонійного азоту зі стічної води показав, що оптимальним режимом осадження магнійамо-

Результати експериментів з переробки стічної води при різних величинних рН і реагентних режимах

№ з/п	Співвідношення об'ємів реагентів до об'єму стічної води, м ³ /м ³		рН _{поч}	рН _{кін}	τ _{х.р.} , с	τ _{х.о.} , с	С _{вих} (NH ₄ ⁺), г/л	С _{кін} (NH ₄ ⁺), г/л	X, %	Примітка
	Na ₂ HPO ₄	MgCl ₂								
1	1,00	1,00	7,85	5,72	180	10	2	0,761	61,9	Миттєва подача MgCl ₂ в розчині NH ₄ Cl і Na ₂ HPO ₄ . Стехіометричне співвідношення реагентів.
2			9,73	8,52	130	10	2	0,090	95,5	
3			10,42	10,26	40	2	2	0,087	95,6	
4			10,27	10,56	–	2	2	0,14	93,1	
5			12,38	12,29	–	2	2	1,18	59	
6			10,5	8,53	50	2	2	0,176	91,2	
7	1,00	1,00	10,33	8,01	110	10	2	0,133	93,3	Дозована подача MgCl ₂ в розчині NH ₄ Cl і Na ₂ HPO ₄ . Стехіометричне співвідношення реагентів.
8			6,86	8,12	70	2	2	0,176	91,2	Миттєва подача Na ₂ HPO ₄ і NaOH у розчині NH ₄ Cl і MgCl ₂ . Стехіометричне співвідношення реагентів.
9			6,54	8,68	150	15	2	0,127	93,6	Дозована подача Na ₂ HPO ₄ і NaOH у розчині NH ₄ Cl і MgCl ₂ . Стехіометричне співвідношення реагентів.
10	1,07	1,07	10,43	8,23	–	2	2	0,106	94,7	Миттєва подача MgCl ₂ в розчині NH ₄ Cl і Na ₂ HPO ₄ . Надлишок реагентів – 6,7%.
11			6,62	8,1	–	2	2	0,154	92,3	Миттєва подача Na ₂ HPO ₄ і NaOH у розчині NH ₄ Cl і MgCl ₂ . Надлишок реагентів – 6,7%
12	0,05	0,05	9,61	8,42	150	30	0,1	0,047	53,1	Миттєва подача MgCl ₂ в розчині NH ₄ Cl і Na ₂ HPO ₄ . Стехіометричне співвідношення реагентів.
13	5,00	5,00	10,53	8,29	25	2	10	0,73	92,6	
14	25,00	25,00	10,51	5,42	15	2	50	1,89	96,2	
15	1,00	1,00	9,5	8,0	–	–	2	0,667	66,7	Миттєва подача MgCl ₂ в розчині NH ₄ Cl і Na ₂ HPO ₄ . Стехіометричне співвідношення реагентів. Температура дослідів – 81°C

нійфосфату є режим прямої миттєвої подачі реагентів-осаджувачів з невеликим надлишком щодо іонів амонію. Наведений режим забезпечує як високий ступінь очистки стічної води (95%), так і високу швидкість хімічного осадження та седиментації отриманої суспензії.

Висновки. У процесі дослідження можемо резюмувати таке:

1. Досліджено процес виділення й утилізації амонійного азоту зі стічних вод методом осадження магнійамонійфосфату. Вивчено закономірності процесу хімічного осадження. Установлено, що максимальний ступінь очистки стічних вод від іонів амонію методом осадження магнійамонійфосфату за допомогою гідрофосфату натрію та хлориду магнію (понад 95%) досягається в діапазоні рН 8,5–10 і при невеликому надлишку осаджувальних реагентів (5%).

2. Виявлено, що на швидкість зародкоутворення та зростання кристалів насамперед впливає не швидкість подачі й концентрація реагентів, а рівень пересичення в процесі кристалізації, який визначається передусім величиною рН. Оптимальним режимом осадження магнійамонійфосфату є режим прямої миттєвої подачі реагентів, що полягає в додаванні до стічної води спочатку розчину Na_2HPO_4 і розчину NaOH , а потім розчину MgCl_2 . Цей спосіб подачі реагентів забезпечує високий ступінь очистки стічної води, високу швидкість хімічного осадження й седиментації отриманого осаду магнійамонійфосфату.

3. Установлено, що проведення процесу при підвищеній температурі призводить до зниження ступеня очистки стічної води та утворення дрібнодисперсної суспензії магнійамонійфосфату.

Список літератури:

1. Золотарьова О.В., Лаврухіна А.І. Дослідження закономірностей процесу виділення амонійного азоту зі стічних вод методом осадження. *Wykształcenie i nauka bez granicy – 2018: Nauka i studia: materiały XIV Międzynar. nauk.-prakt. konf., 7–15 grudnia 2018. Przemysł, 2018. Str. 71–73.*
2. Лобанов С.А. Технология выделения и утилизации аммонийного азота из сточных воды химических предприятий: дисс. ... канд. техн. наук: спец. 05.17.01 / ПГТУ. Пермь, 2007. 111 с.
3. Лобанов С.А., Тимаков М.В., Пойлов В.З. Перспективные способы очистки сточных вод от ионов аммония. *Высокие технологии в промышленности России и методические особенности преподавания в техническом вузе: материалы Региональной научно-практической конференции, 6–8 апреля 2004 г. Березники: БФ ПГТУ, 2004. С. 192–195.*
4. Позин М.Е. Технология минеральных солей (удобрений, пестицидов, промышленных солей, окислов и кислот): монография. Ленинград: Химия, 1974. 768 с.
5. Кобецька Н.Р. Екологічне право України: навчальний посібник. Київ: Юрінком Інтер, 2008. 352 с

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ПРОЦЕССА ВЫДЕЛЕНИЯ АММОНИЙНОГО АЗОТА ИЗ СТОЧНЫХ ВОД ХИМИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ МЕТОДОМ ОСАЖДЕНИЯ

Статья посвящена возможности выделения и утилизации аммонийного азота из сточных вод химических предприятий его осаждением в виде нерастворимого соединения – гексагидрата магнийаммонийфосфата (МАФ), который используется в качестве минерального удобрения. Данная технология представляет интерес в первую очередь для предприятий, которые производят азотные удобрения. В последние годы наблюдается значительное повышение условий к содержанию аммонийного азота в воде природных водоемов. Соблюдение таких жестких условий возможно только при условии повышения эффективности выделения соединения азота из сточных вод, которые сбрасываются в водоемы.

Ключевые слова: аммонийный азот, гексагидрат магнийаммонийфосфат, минеральные удобрения, реактив Несслера, химическое осаждение, дисперсность.

RESEARCH ON PATTERNS OF ALLOCATION PROCESSES OF AMMONIUM NITRATE FROM THE EFFLUENTS OF CHEMICAL FACILITIES USING A PROCEDURE FOR DEPOSITION

The article focuses on the possibility of the allocation and utilization of ammonium nitrate from the effluents of chemical facilities by its deposition in the form of an insoluble compound – magnesium ammonium phosphate hexahydrate (MAPH), which is used as mineral fertilizer. This technology is primarily of interest for the facilities that produce nitrogen fertilizers. In recent years, there has been a significant increase in the requirements for the content of ammonium nitrate in water of the natural reservoirs. Compliance with such stringent requirements is possible only if the efficiency of the nitrogen compound allocation from the effluents discharged into the reservoirs is increased.

Key words: ammonium nitrate, magnesium ammonium phosphate hexahydrate, mineral fertilizers, Hessler's reagent, chemical deposition, dispersion.