

Міністерство освіти і науки України
Дніпродзержинський державний технічний університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання лабораторних робіт
з дисципліни
«БЕЗВІДХОДНІ ХІМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ»

підготовки докторів філософії зі спеціальності
161 «Хімічні технології та інженерія»

Затверджено редакційно-видавничою
секцією науково-методичної ради ДДТУ
_____ 2016 р. протокол № _____

Кам'янське,

2016 р.

Розповсюдження і тиражування без офіційного дозволу Дніпродзержинського державного технічного університету заборонено.

Методичні вказівки виконання лабораторних робіт з дисципліни «Безвідходні хімічні технології» для підготовки докторів філософії зі спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» /Уклад. А.В. Іванченко. –Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2016. – 15 с.

Укладач: к.т.н., доцент Іванченко А.В.

Відповідальний за випуск
завідувач кафедри ХТНР Волошин М.Д.

Рецензент Черненко Я.М., к.т.н., доцент

Затверджено на засіданні кафедри ХТНР (протокол № 10 від 22.03. 2016 р.)

ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ РОБОТІ З ЕЛЕКТРОПРИЛАДАМИ

Перед включенням електроприладу необхідно візуально перевірити електрошнур на наявність механічних порушень. Електроприлади повинні бути надійно заземлені згідно з правилами улаштування приладу. Забороняється працювати з електроприладами вологими руками. Не залишати електроприлад без нагляду на довгий час, після закінчення роботи перевірити, чи всі прилади вимкнені. При виявленні або виникненні несправності в електроприладі негайно викликати електрика, що обслуговує прилад. Категорично заборонено виконувати будь-які ремонтні роботи самостійно.

Рятування життя людини, ураженої струмом, у багатьох випадках залежить від швидкості і правильності дій осіб, що здійснюють допомогу. Передусім потрібно якнайшвидше звільнити потерпілого від дії електричного струму. Якщо неможливо відключити електричне обладнання від мережі, потрібно відразу приступити до звільнення потерпілого від струмопровідних частин, не доторкаючись при цьому до потерпілого.

Заходи долікарської допомоги після звільнення потерпілого залежать від його стану, її потрібно надавати негайно, по можливості на місці події, одночасно викликавши медичну допомогу. Якщо потерпілий не знепритомнів, потрібно забезпечити йому на деякий час спокій, не дозволяючи рухатись до прибуття лікаря. Якщо потерпілий дихає рідко і судорожно, але прослуховується пульс, потрібно негайно зробити йому штучне дихання. При відсутності дихання, розширення зіниць і посиніння шкіри потрібно робити штучне дихання і непрямий масаж серця.

Лабораторна робота № 1,2

Дослідження динаміки виділення біогазу з відходів на установці анаеробного зброджування

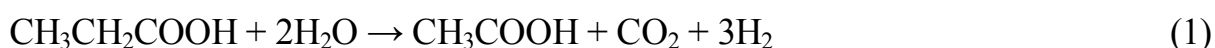
Мета лабораторної роботи – встановити залежність виділеного біогазу від часу на установці анаеробного зброджування.

Анаеробне зброджування — це мікробіологічний процес, під час якого органічні речовини без доступу повітря перетворюються в газоподібний метан (CH₄) та діоксид вуглецю (CO₂). Процес базується на руйнуванні макромолекул біомаси бактеріями природного походження і складається з наступних фаз .

1. Гідролізна фаза, під час якої стійкі субстанції (протеїни, жири і вуглеводи) розкладаються до простих речовин (аміно- та жирних кислот, глюкози).

2. Кислотоутворююча фаза, в результаті якої складові, які отримані на першій стадії розкладаються кислотоутворюючими бактеріями на інші органічні речовини (оцтова, пропіонова, масляна кислоти, спирти і альдегіди) та неорганічні речовини H₂, CO₂, N₂, H₂S.

3. Ацетогенная фаза, коли під впливом ацетогенних бактерій з утворених кислот виробляється оцтова кислота.



4. Метаногенез, при якому оцтова кислота розкладається до метану, вуглекислого газу і води.



В кінцевому рахунку біогаз, отриманий внаслідок ферментації відходів тваринництва містить такі компоненти: CH₄ — 53—75 %, CO₂ — 20—44 %, H₂S — 1—5 %, H₂ — 0,5—2 %, в кількості менше 1 % сумарно NH₃, N₂ і O₂.

Лабораторна установка представлена на рис. 1.1 (рис. 2.2).

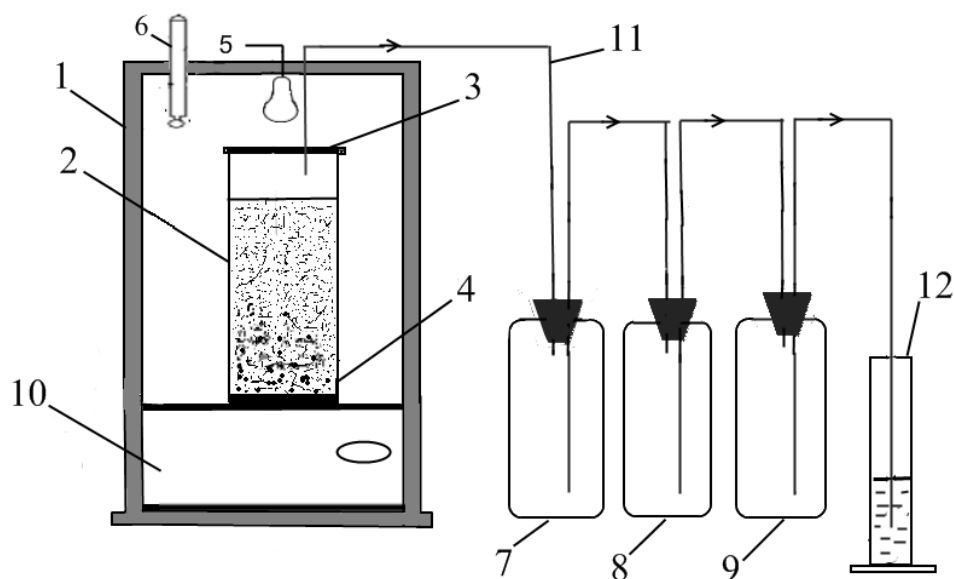
Хід виконання роботи

1. В колбу (2) завантажити вихідну сировину і герметично закрити кришку (3) з трубкою, що з'єднана трубопроводом (11) з герметичними склянками для збору біогазу (7,8,9). Ці склянки заповнити водою. Колбу помістити в герметичний тепло-ізолюючий ковпак (1) і перевірити на герметичність усі з'єднання.

2. Після позитивного результату приступити до виконання роботи при постійній температурі 33 °С, а регулювання та вимірювання температури розчину в колбі (2) здійснити нагрівачем (4) з терморегулятором.

3. Перемішати розчин в колбі (2) електромагнітною мішалкою (10). Вихід біогазу замірити за обсягом витиснутої рідини з герметичних склянок (7,8,9) у мірний циліндр (12). Дані записати до таблиці 1.1.

4. В Microsoft Office Excel побудувати графік залежності об'єму біогазу, що виділився (в м³) від часу (в секундах).



1 - герметичний тепло-ізолюючий ковпак; 2 - біореактор (скляна колба); 3 - кришка герметична; 4 - нагрівач з терморегулятором; 5 - до джерела струму; 6 - термометр; 7, 8, 9 - герметичні склянки для збору біогазу; 10 - електромагнітна мішалка; 11 – трубопровід відводу газу; 12 – циліндр для вимірювання об'єму води

Рисунок 1.1 - Біореактор для дослідження процесу метанування осадів стічних вод

Таблиця 1.1 – Залежність об'єму біогазу від часу

Об'єм біогазу		Час, доба
мл	м ³	

Лабораторна робота № 3

Фотоколориметричне визначення фенолів у стічних водах

Мета: визначення оптичної щільності забарвлених розчинів, утворених при взаємодії фенолів з пірамідонем та знаходження концентрації фенолів по колібровочному графіку.

1 ПРИЛАДИ, ЛАБОРАТОРНИЙ ПОСУД ТА РЕАКТИВИ

1. Фотоелектричний колориметр;
2. Набір піпеток;
3. Набір мірних колб;
4. Мірні циліндри на 50 мл з притертими пробками;
5. Пірамідон, 7% спиртовий розчин;
6. Аміак, 2н розчин;
7. $K_3Fe(CN)_6$, 30% розчин;
8. Буферний розчин: 50 г $NHCl$ розчиняють у 900 мл дистильованої води, додають 5 мл 25% розчину аміаку та доводять об'єм розчину дистильованою водою до літру.

Для роботи с кюветою, товщина шару 5 мм готують розчини з концентрацією фенолу 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 і 1,0мл в 100 мл дистильованої води (або 2,4,6,8 та 10 г/л). Для цього піпеткою або бюреткою беруть у мірні колби або мірні циліндри на 100 мл 4, 8, 12, 20 мл робочого розчину фенолу (0,05 г/л) та доводять об'єм до 100 мл дистильованою водою. Потім розчини переводять у конічну колбу, куди послідовно додають 5 мл буферної суміші, 0,5 мл пірамідона та 5 мл $K_3Fe(CN)_6$, негайно розмішують, залишають стояти у темному місці 20 хвилин, після чого визначають оптичну щільність приготвлених розчинів при зеленому світлофільтрі. Як фон використовують нульовий розчин, приготвлений на дистильованій воді та згаданих вище реактивах (тільки без фенолу), добавлених за вказаним порядком та кількості. Нульовий розчин у, глухій пробі повинен мати забарвлення фероціаніду калію. Колба інтенсивного забарвлення вказує на забруднення реактивів або посуду. Приведений порядок додавання реактивів повинен суворо витримуватися в усіх випадках; як в глухому досліді, так і в досліджуваних розчинах. Значення оптичної щільності мулевого розчину автоматично враховується при фотоколориметру ванні. Визначення оптичних щільностей для складання градуїровочного графіку повторюють тричі та знаходять середнє значення. Потім будують колібровочний графік у прямокутній системі координат на міліметровому папері, відкладаючи по осі абсцис концентрацію фенолів (1мм = 0,01мг/л), а по осі ординат оптичну щільність (5мм = 1 діленню приладу). Усі отримані крапки повинні лежати на прямій лінії, котра має назву колібровочної кривої.

Перед визначенням випробувану воду фільтрують через звичайний паперовий фільтр.

Визначення фенолів у воді, яка надходить у скрубєр для очистки проводиться двократне розбавлення води.

Перше розбавлення: 5 мл вихідної води розбавляють дистильованою водою до 100 мл.

Друге розбавлення: 5 мл першого розбавлення доводять дистильованою водою до 100 мл.

Всі 100 мл розчину виливають у суху конічну колбу, місткістю 250 мл, куди додають 5 мл буферної суміші. 0,5 мл розчину пірамідона, 5 мл розчину $K_3Fe(CN)_6$. Через 30 хвилин при стійкому забарвленні визначають оптичну щільність в кюветі з відстанню між гранями 10 мм та зеленим світлофільтром. Знаючи оптичну щільність, по графіку знаходять вміст фенолів у вихідній воді.

Визначення вмісту фенолів у воді, яка виходить зі скрубера:

проводиться двократне розбавлення води.

Перше розбавлення: 10 мл вихідної води розбавляють дистильованою водою до 100 мл.

Друге розбавлення: 5 мл першого розбавлення доводять дистильованою водою до 100 мл.

Всі 100 мл розчину виливають у суху конічну колбу, місткістю 250 мл, куди додають 5 мл буферної суміші. 0,5 мл розчину пірамідона, 5 мл розчину $K_3Fe(CN)_6$. Через 30 хвилин визначають оптичну щільність на фотоколориметрі і знаходять вміст фенолів у вихідній воді.

Паралельно проводяться «холостий дослід». Для цього в конічну колбу, місткістю 250 мл беруть 100 мл дистильованої води, відміряної в мірній колбі. Далі проводиться усе так, як і в проведенні робочого досліді.

По значенню оптичної щільності знаходимо за калібровочним графіком відповідно кількість фенолів в мг/л.

Визначення фенолів у воді за допомогою пірамідону

Оптична щільність	Вміст фенолів, г/л	
	у стічній воді	у воді, яка надходить на скрубера
0,05	0,09	0,36
0,11	0,198	0,8
0,12	0,214	0,86
0,13	0,232	0,93
0,14	0,25	1
0,15	0,268	1,07
0,16	0,268	1,14
0,17	0,304	1,21
0,18	0,322	1,29
0,19	0,34	1,36
0,2	0,358	1,43
0,21	0,376	1,5
0,22	0,394	1,57
0,23	0,412	1,64
0,24	0,428	1,71
0,25	0,446	1,78
0,26	0,464	1,86

0,27	0,482	1,93
0,28	0,5	2
0,29	0,518	2,07
0,3	0,536	2,14
0,31	0,554	2,22
0,32	0,572	2,29
0,33	0,59	2,36
0,34	0,608	2,43
0,35	0,626	2,5
0,36	0,644	2,58
0,37	0,662	2,65
0,38	0,68	2,7
0,39	0,698	2,72
0,4	0,714	2,86
0,41	0,732	2,93
0,42	0,75	3
0,43	0,768	3,07

Лабораторна робота № 4

Одержання сульфату амонію сатураторним способом

Мета роботи - ознайомитись з процесом отримання сульфату амонію за сатураторним способом і вивчити вплив напруженості магнітного поля на крупність отриманої солі.

1. Загальні відомості

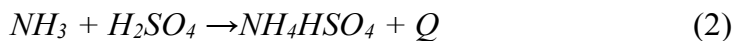
Широке застосування в сільському господарстві в якості азотного добрива знаходить сульфат амонію, що містить 20,8-21% азоту в перерахуванні на суху речовину. Це найменш гігроскопічне азотне добриво. Сульфат амонію є фізіологічно кислим добривом, особливо ефективний на ґрунті, насиченому основами (чорноземи, сіроземи, каштанові ґрунти), а також на вапняних підзолистих ґрунтах.

Сульфат амонію являє собою білі, прозорі, тонкі кристали, що мають форму подовженого ромбу. Розміри кристалів залежать від умов їх утворення й можуть коливатися від сотих часток до 4 мм і більше. Для характеристики сульфату амонію, як добрива, велике значення має розмір його кристалів. Дуже дрібні кристали легко розвіюються вітром і в ґрунті розподіляються нерівномірно. Дрібні кристали складніше відділити від вологи, вони легко злежуються, утворюються грудки, що також ускладнює їх введення в ґрунт.

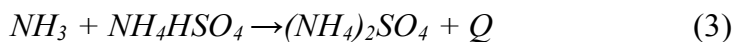
Отримання сульфат амонію ґрунтується на реакції нейтралізації сірчаної кислоти аміаком:



Сульфат амонію отримують, в основному, з аміаку коксового газу в апараті, називається він сатуратором. В сатураторах коксовий газ барботує через маточний розчин, який містить вільну сірчану кислоту. Аміак при цьому вступає в реакцію з кислотою й утворює в якості первинного продукту нейтралізації кислу сіль - бісульфат амонію.



По мірі насичення розчину аміаком кисла сіль переходить в середню, тобто в сульфат амонію.



Умови проведення промислового процесу визначаються прагненнями:

1. Отримати крупнокристалічний сульфат амонію.
2. Не отримати в якості кінцевого продукту бісульфат амонію, вміст азоту в якому майже вдвічі менше (12,2% замість 21,2% для сульфату) і на утворення якого до того ж витрачається велика кількість сірчаної кислоти.

Обом вимогам задовольняє вміст H_2SO_4 в розчині від 4 до 6% і температурі коло 60°C .

В деяких випадках для збільшення крупності кристалів сульфат амонію, в маточний розчин сатуратора періодично подають коагулюючу добавку - поліакриламід або маточний розчин піддають дії магнітного поля.

В цій роботі для оптимізації процесу кристалізації сульфату амонію з метою отримання більш крупних кристалів солі припускається піддавати маточний розчин дії магнітного поля напруженістю від $4,0 \cdot 10^4$ до $20,0 \cdot 10^4$ А/М

1.2 Опис обладнання

Лабораторне обладнання для отримання сульфату амонію показане на рисунку 1 і складається з нейтралізатора 1, колби з розчином аміаку 2, термостату 3, нагрівача 4, поглинача 5 й патрубку вакуумної системи 6.

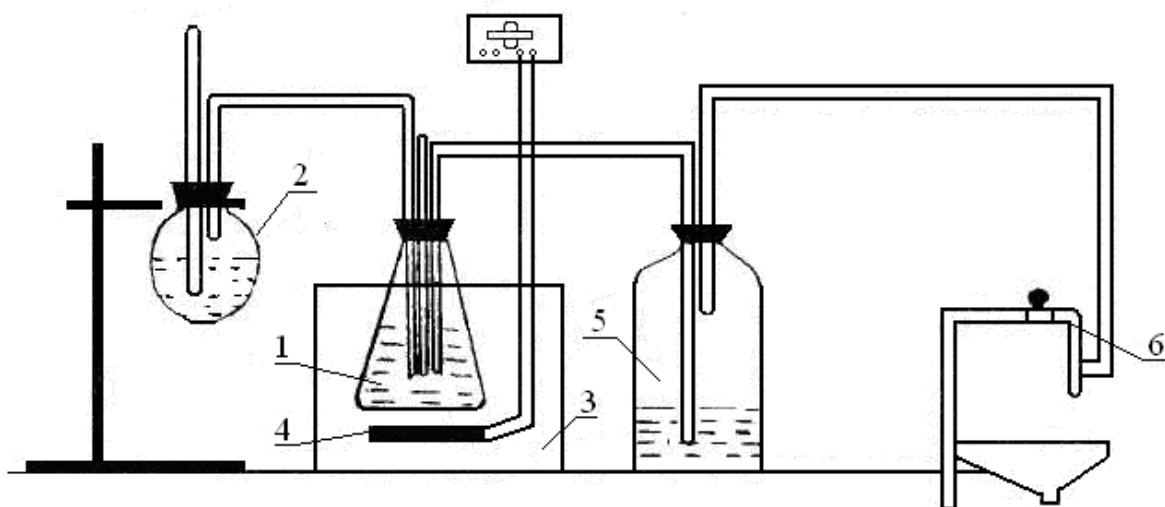


Рис. 4.1. Схема установки

В якості нейтралізатора і застосовують конічну колбу, закриту зверху пробкою, в яку вмонтовані термометр і трубки для підведення і виведення суміші газу і повітря.

Нейтралізацію розчину сірчаної кислоти проводять сумішшю аміаку і повітря, отриманою в процесі просмоктування повітря за допомогою вакуумної системи крізь 25% розчин аміаку, залитого в колбу 2.

Газ, виходить з нейтралізатора 1, проходить через поглинач 5, заповнений розчином сірчаної кислоти для уловлювання аміаку, що не прореагував. Нейтралізатор, розміщений в термостаті 3, в якому за допомогою нагрівача 4, підтримується дана температура.

Магнітну обробку маточного розчину нейтралізатора проводять на апараті УМ-1Т (універсальний електромагніт). Живлення приладу здійснюється від мережі змінного току напругою 127-220В з частотою 50Гц; потужність апарату 480Вт, максимальний струм 2А; напруженість магнітного поля до $20 \cdot 10^4$ А/М.

2 Мета роботи і, порядок її виконання

Мета роботи - ознайомитись з процесом отримання сульфату амонію за сатураторним способом і вивчити вплив напруженості магнітного поля на крупність отриманої солі.

2.1 Попередні зауваження

При виконанні роботи необхідно:

- а) уважно ознайомитись з завданням;
- б) не загроможувати місце праці речами, що не мають відношення до роботи, що виконується;
- в) не відволікатися і не заважати товаришам, не брати нічого з іншого столу, так як все необхідне є на кожному робочому, столі;
- г) при виникненні яких-небудь перешкод в роботі звернутися за роз'ясненням до викладача;
- д) не виконувати самостійний запуск обладнання без попередньої перевірки її з викладачем;
- є) при закінченні роботи привести до порядку місце праці.

2.2 Підготовчі роботи

2.2.1. Вивчити інструкцію до виконання роботи, а також техніку безпеки що до її виконання.

2.2.2. Отримати у викладача завдання і варіант на виконання роботи.

ПРИКЛАД: Отримане завдання на виконання роботи по варіанту 2. В додатку 2 приведена технологічна карта процесу отримання сульфату амонію, включаючи регламент магнітної обробки маточного розчину нейтралізатору. Відповідно з завданням процес треба вести при температурі ванни нейтралізатора, що дорівнює 50°C ; додати в маточний розчин нейтралізатора 75%-ї сірчаної кислоти в кількості 35 мл.

Омагнічування маточного розчину необхідно вести 2 хвилини при напруженості магнітного поля $4,0 \cdot 10^4$ А/м, що відповідає показнику вольтметра 2,5 В.

2.2.3. Визначити склад летючого аміаку в аміачній воді. Для цього налити в циліндр аміачну воду, що досліджується, виміряти ареометром її густину і за графіком (додаток 1) визначити вміст в воді аміаку.

ПРИКЛАД: Щільність аміачної води визначена за допомогою ареометра, дорівнює $0,92 \text{ г/см}^3$, використовуючи залежність, що на рис.2, знаходимо, що даній густині аміачної води відповідає вміст аміаку 21%. Результат заносимо в протокол іспитів (табл.1, графа 2).

2.2.4. Приготувати маточний розчин для нейтралізатора (1). Для цього в фарфоровий стакан вмістом 0,5л налити 100 мл насиченого розчину сульфату амонію і додати ретельно при перемішуванні 35мл 75-го розчину сірчаної кислоти.

2.2.5. Визначити кислотність маточного розчину нейтралізатору.

Для цього відібрати з нейтралізатору розчин в кількості 5 мл, за допомогою скляної піпетки і вилити його в передчасно зважений стаканчик з пробкою. Після цього стаканчик знову зважити і навісок змити невеликою кількістю води в конічну колбу. Пробу додатково розчинити дистильованою водою й відтітрувати 0,5 м розчином луги в присутності метилоранжу.

Склад сірчаної кислоти в суміші розраховують за формулою, %:

$$C(H_2SO_4) = \frac{Q \cdot 0,5 \cdot 0,049 \cdot 100}{a}$$

де Q - об'єм 0,5л розчину NaOH, що пішов на титрування, мл;

0,049 - маса H₂SO₄ (в гр.), що відповідає 1 мл 1 н розчину луги;

V - маса наважки, г.

Результат занести в графу 3 табл. 1.

2.3 Виконання роботи

2.3.1. Приготовлений по п.2.2.4. маточний розчин для нейтралізатора піддають омагніченню. Перед цим ознайомлюються з інструкцією прибору УМ-ІТ, приводять апарат у робочий стан. Для цього тумблер на передній стінці електромагніта поставити в положення «Вкл.», регулюючи напруженість автотрансформатора, встановити за завданням необхідну ($4,0 \cdot 10^4$ А/м) напруженість магнітного поля, що відповідає показанню на виносному вольтметрі 2,5В. Розчин, який досліджується, залити в трубку (50мл) й включити тумблер електродвигуна, що знаходиться зліва на корпусі підставки. Ексцентрик, що обертається, передає скляній трубці обертання й одночасно поступові рухи.

Відповідно з завданням час омагнічування - 2 хвилини. Коли завданий час вичерпано, прилад включають в послідовності, зворотній включенню. Омагнічений розчин (50мл) злити в нейтралізатор 1 (див.рис.1). процедуру омагнічування повторювати доти, доки весь маточний розчин (135мл) не буде оброблений.

2.3.2. Нейтралізатор 1 з омагніченим маточним розчином розміщують в термостат 3, температуру в якому підтримують в межах 50 - 55°C (відповідно за завданням). 2.3.3. В колбу 2 залити 150мл ам'ячної води з визначеним вмістом ам'яку відповідно з п.2.2.3.

2.3.4. Включити вакуумну систему 6 (відкрити вод'яний кран водострумного насосу).

2.3.5. Дослід вести до отримання осаду сульфату амонію. Отриманий осадок відфільтрувати на вакуум-фільтрі, просушити в сушильній шафі. Результат занести в протокол випробувань (табл. 1, графа 4).

Таблиця 1

Вміст NH ₃ в аміачній воді, %	Кислотність магочного розчину, %	Кількість (NH ₄) ₂ SO ₄ отриманого в експерименті	Вміст NH ₃ в аміачній воді після опиту, %	Кількість використаного NH ₃ , г	Теоретична кількість (NH ₄) ₂ SO ₄ , г	Вихід сульфату амонію, %	Середній розмір зерна, мм	Примітки
2	3	4	5	6	7	8	9	10

2.3.6. По закінченню визначити об'єм аміачної води, що залишилася в колбі (2) і концентрацію аміаку в ній по п.2.2.3. Результат занести в протокол випробувань (табл.1, графа 5).

2.3.7. Сіль, яку висушили, розсіяти на ситах на класи крупності, мм: 3-1,5; 1,5-1,0; 1,0-0,5 й менш 0,5 зважити кожний клас крупності з точністю до 0,01г й визначити в процентах склад кожного класу. Отримані результати занести в таблицю 2.

Таблиця 2

Напруженість магнітного поля, А/м	Склад %, класи крупності, мм				Середній розмір зерен солі, мм
	3,0 – 1,5	1,5 – 1,0	1,0 – 0,5	Менше 0,5	
Без омагнічування (порівнювальне випробування)	0,5	1,5	13,0	85,0	0,34

За результатами ситового аналізу визначають середній розмір зерна за формулою:

$$D_{\text{середн.}} = \sum_{K=1}^{K=\Pi} D_K Y_K \quad (5)$$

де D_K - середній розмір зерен K -го вузького класу крупності, мм;

Y_K – вміст цього класу в загальній масі, %

Середній розмір зерен за формулою (5) зручно визначити на калькуляторі.

Визначене значення середнього розміру зерен заносять в протокол випробувань (див.табл.1, графа 9).

2.4 Обробка результатів експерименту

2.4.1. Визначити кількість аміаку, що пішов в експерименті на отримання сульфату амонію.

ПРИКЛАД: Склад аміаку в вихідній аміачній воді дорівнює 21% мас (див.2.2.3.). Якщо в генератор аміаку завантажено 150 мл аміачної води вказаної концентрації, то аміаку у ній знаходиться:

$$\frac{150 \cdot 21}{100} = 31,5 \text{ г}$$

Після експерименту аміачної води в генераторі залишилося 118 мл при концентрації аміаку 16,8% мас; за перерахунком на аміак:

$$\frac{118 \cdot 16,8}{100} = 19,8 \text{ г}$$

З цього слідує, в експерименті використано аміаку
 $31,5 - 19,8 = 11,7 \text{ г}$

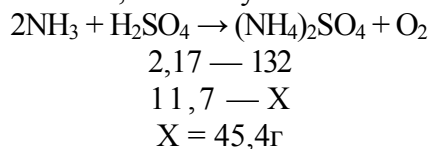
2.4.2. Вихід сульфату амонію визначають за формулою:

$$\Phi = \frac{G_{\phi}}{G_m} \cdot 100\% \quad (6)$$

де G_{ϕ} - маса сульфату амонію, фактично отримана в експерименті, г

G_m - теоретична маса солі, що визначена за рівнянням (1), г

Приклад: Розрахувати максимально можливу кількість сульфату амонію, яка може бути отримана при використанні 11,7г аміаку



В результаті експерименту фактично отримано 38,0г сульфату амонію (див.п.2.3.5.).

Вихід солі:

$$\Phi = \frac{38}{45,4} \cdot 100 = 84\%$$

При цьому крупність солі по середньому розміру зерен при обробці маточного розчину магнітним полем напруженістю $4,0 \cdot 10^4$ А/м збільшилася порівняно з порівнювальним випробуванням від 0,34 (див. табл. 2) до 0,98мм, т.ч. практично втричі.

2.5 Техніка безпеки під час виконання роботи

При виконанні роботи забороняється:

- а) включати і виключати термостат вологими руками;
- б) кидати без нагляду включену установку.

Роботу з аміаком (визначення початкової й кінцевої концентрації аміачної води, заливання аміачної води в колбу й т.п) проводити або за допомогою піпетки з грушою, або за допомогою бюретки. Особливу увагу слід наділяти роботі з сірчаною кислотою.

Технологічна карта процесу одержання $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

Варіант	Температура ванни нейтралізатору, °C	Додавання в магочний розчин нейтралізатора 75-вої H_2SO_4	Напруженість магнітного поля, А/м	Показання вольтметра, В	Час омагнічення, хв.	Примітка
1	2	3	4	5	6	7
1	50	35	не омагнічений	—	1	
2	50	35	$4,0 \cdot 10^4$	2,5	2	
3	55	40	$8,0 \cdot 10^4$	5,0	3	
4	55	40	$12,0 \cdot 10^4$	6,5	4	
5	60	45	$16,0 \cdot 10^4$	7,5	5	
6	60	45	$20,0 \cdot 10^4$	9,0	5	

ЛІТЕРАТУРА

1. Технологія переробки та утилізації осадів: навчальний посібник / К. Б. Сорокіна, С. Б. Козловська; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2012. – 226 с.
2. Ivanchenko A.V. Investigation of technologies for producing organic-mineral fertilizers and biogas from waste products/ A.V. Ivanchenko// Pratsi Odes'kyi Politechnichnyi Universytet.-2015.- № 3(47). – P.126-132.
3. Іванченко А.В. Інтенсифікація технології одержання біогазу та комплексних добрив з осадів міських стічних вод// А.В. Іванченко, О.Р. Белянська// Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Збірник наукових праць. – 2015. – № 30 (1139).- С. 39-45.
4. Глузман Л.Д., Эдельман И.И. Лабораторный контроль коксохимического производства. Изд. «Металлургия» М., 1988 г.
5. Л.Я .Коляндра «Улавливание и переработка химических продуктов коксования», Metallurgiya, Харьков 1986 г.

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Методичні вказівки виконання лабораторних робіт з дисципліни «Безвідходні хімічні технології» для підготовки докторів філософії зі спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія»

Укладач: Іванченко Анна Володимирівна, к.т.н., доцент

Підписано до друку _____
Формат _____ Обсяг _____ др.арк.
Тираж _____ прим. Замовлення № _____
51918, м.Кам'янське, вул. Дніпробудівська, 2