View metadata, citation and similar papers at core.ac.uk
brought to you by CORE
provided by Electronic Eastern European National University Institutional Repository

Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки
Хімічний факультет

“ ЗАГАЛЬНА ХІМІЧНА ТЕХНОЛОГІЯ.
ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ”

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

ДО ВИВЧЕННЯ КУРСУ

галузі знань **0513 хімічна технологія та інженерія**

напрям підготовки **6.051301 хімічна технологія**

Частина 1

Навчально-методичне видання

2016

УДК [54:66](072)
ББК 24я73·9+35я73·9
М 54

Рекомендовано до друку методичною радою
Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки
(протокол № 2 від 19.10.2016 р.)

Рецензенти:
Л. Д. Гулай – доктор хімічних наук, доцент Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки;
В. І. Федорчук-Мороз – кандидат технічних наук, доцент кафедри туризму та цивільної безпеки Луцького національного технічного університету

М 54 **Загальна хімічна технологія. Лабораторний практикум**: Метод. вказівки до вивчення курсу для студ. хімічн. ф-ту (напрям підготовки: 6.051301 – "Хімічна технологія"). Ч. 1/ І. А. Іващенко.

Методичний посібник містить робочу програму курсу, методичні розробки чотирьох лабораторних робіт, що виконуються в першому семестрі. Для самоконтролю при підготовці до лабораторних занять подаються окремі теоретичні питання та ряд вправ для самостійного розв'язування.

Для студентів хімічного факультету (напрям підготовки: 6.051301 – "Хімічна технологія") денної форми навчання, викладачів та лаборантів, які проводять лабораторні й семінарські заняття.

© Іващенко І. А., 2016
© Східноєвропейський національний університет
імені Лесі Українки, 2016

1. **ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

<table>
<tr><th rowspan="2">Найменування показників</th><th rowspan="2">Галузь знань, напрям підготовки, освітній ступінь</th><th>Характеристика дисципліни</th></tr>
<tr><td>Денна форма навчання</td></tr>
<tr><td>Кількість кредитів 5,5</td><td>0513,
хімічна технологія та інженерія</td><td>Нормативна</td></tr>
<tr><td>Модулів 2</td><td rowspan="3">6.051301</td><td>Рік підготовки 3</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Змістових модулів 6</td><td>Семестр 5, 6</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Лекції 54 год.</td></tr>
<tr><td>Загальна кількість годин 198</td></tr>
<tr><td rowspan="6">Тижневих годин:

аудиторних 4
самостійної роботи 1,7
індивідуальної роботи 1,7</td><td rowspan="6">бакалавр</td></tr>
<tr><td>Лабораторні 36 год.</td></tr>
<tr><td>Практичні 32 год.</td></tr>
<tr><td>Самостійна робота 38 год.</td></tr>
<tr><td>Індивідуальна робота 38 год.</td></tr>
<tr><td>Форма контролю: залік; іспит</td></tr>
</table>

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни “Загальна хімічна технологія” є ознайомлення з виробництвом речовин та їх закономірностями.

Основними **завданнями** вивчення дисципліни є ознайомити студентів з основними видами технологічних процесів, способами підготовки сировини, водопідготовки, основними способами промислового отримання речовин.

Вимоги до знань та вмінь.

знати: основні види технологічних процесів, способи підготовки сировини, водопідготовки, основні способи промислового отримання речовин.

вміти: проаналізувати способи отримання речовин, обрахувати матеріальний та тепловий баланс процесу.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1.
Основні питання, закономірності і поняття хімічної технології

ТЕМА 1. ***Основні питання і визначення хімічної технології.***

Предмет та завдання хімічної технології. Класифікація хімічних виробництв. Хімічна технологія як наука, значення хімічної технології в університетській освіті. Історія розвитку хімічної технології та промисловості. Управління та планування на підприємствах хімічної промисловості.

Схеми технологічних процесів, схеми руху матеріальних та енергетичних потоків. Хіміко-технологічні розрахунки, матеріальні та енергетичні баланси, швидкість та інтенсивність процесу, продуктивність праці. Роль фізико-хімічних закономірностей у хімічній технології, економічні вимоги, що ставляться до раціонального виробництва. Науково-дослідна, експериментальна та проектна робота в хімічній промисловості.

ТЕМА 2. ***Моделювання технологічних процесів.***

Сутьта завдання хімічної кібернетики. Методи моделювання та теорії подібностей. Класифікація математичних моделей та їх побудова. Фізичне моделювання. Принципи аналогій, гідродинамічна подібність. Критерії Ньютона, Ейлера, Фруда, гомохронності та Рейнольда. Критерії оптимізації хіміко-технологічнихпроцесів.

ТЕМА 3. ***Фізико-хімічні основи хімічної технології.***

Хімічна рівновага в технологічних процесах, швидкість хіміко-технологічних процесів, ланцюгові реакції в технологічних процесах. Роль каталізаторів у хімічній технології. Перспективи застосування біологічних та фізичних методів впливу в хімічній технології.

ТЕМА 4. ***Гідромеханічні процеси. Теплові процеси та апарати. Масообмінні та механічні процеси.***

Основні закони гідростатики та гідродинаміки, їх математичні моделі, рівняння Ейлера, Нав'є-Стокса, Бернулі**.** Рух тіл у рідинах і осадження часточок, рух рідин через нерухомі зернисті та поруваті матеріали, гідродинаміка киплячих (псевдозріджених) зернистих шарів. Насоси, компресори, вакуум-насоси, вентилятори. Термодинамічні основи процесів стиснення газів. Принцип сухої та мокрої очистки газів та рідин від суспендованих частинок. Гравітація, фільтрування, електроочистка, відстоювання, центрифугування.

Основи теплопередачі в хімічній апаратурі, закони Фур"є, Стефана-Больцмана. Способи нагрівання в хімічній технології, охолодження і конденсація, випаровування, глибоке охолодження та принцип будови холодних машин, зрідження газів.Промислові печі,теплообмінники і холодильники.

Основи масопередачі, розділення газових сумішей абсорбцією та адсорбцією, будова сорбційних та десорбційних апаратів. Екстракція та екстракційні апарати, розділення гомогенних систем дистиляцією та ректифікацією. Закони Рауля, Коновалова, Вревського. Ректифікаційні установки. Розчинення та кристалізація, сушіння. Фізико-механічні процеси, подрібнення та роздрібнення, типи дробарок та млинів, окускування, агломерація, брикетування, гранулювання. Класифікація та сортування матеріалів,ситовий аналіз. Зберігання рідин та газів.

Змістовий модуль 2.
Сировинна і водопідготовка

ТЕМА 5. ***Сировина та енергія в хімічній промисловості.***

Мінеральна сировина, класифікація сировини, добування сировини, підготовка її до переробки, збагачення сировини і одержання концентратів. Сировина рослинного та тваринного походження, методи її зберігання. Середня проба, склад та якість сировини. Енергетика в хімічній промисловості. Види застосування енергії, раціональне її використання. Рекуперація енергії.

ТЕМА 6. ***Вода в хімічній промисловості.***

Характеристика природних вод, промислова водопідготовка, твердість води. Фізичні та хімічні методи очистки та пом'якшення води. Стічні води та їх очистка. Види накипу та боротьба з ним.

ТЕМА 7. ***Стічні води та методи їх знешкодження.***

Види стічних вод, їх класифікація. Поняття про ГДК (гранично допустима концентрація), ДВ (добовий викид), БВК (біохімічна витрата кисню), ХВК (хімічна витрата кисню). Механічні та механо-хімічні методи очистки стічних вод. Відстоювання, коагуляція, флотація, фільтрування. Фізико-хімічні методи очистки стічних вод. Евапораційні (пароциркулярний та азеотропний), екстракційні, адсорбційні, термічні методи очистки. Поняття про регенеративні та нерегетативні методи очистки стічних вод. Поля зрошення, поля фільтрації, біологічні ставки, біофільтри, аеротенки, метантенки. Очистка побутових стічних вод.

Змістовий модуль 3.
Основна хімічна технологія

ТЕМА 8. ***Виробництво сірчаної кислоти.***

Основні властивості та використання сірчаної кислоти. Сировинна база сірчанокислого виробництва. Виробництво сірчистого газу. Контактний спосіб виробництва сірчаної кислоти з колчедану, нітрозний спосіб виробництва сірчаної кислоти, виробництво сірчаної кислоти з сірки та сірководню, концентрування сірчаної кислоти. Охорона природи при сірчанокислому виробництві.

ТЕМА 9. ***Технологія солей та добрив.***

Роль та застосування солей у промисловості та сільському господарстві. Процеси технології солей. Агрохімічне значення та класифікація добрив. Виробництво фосфорних добрив: простого суперфосфату, екстракційної фосфорної кислоти, концентрованих фосфорних добрив (подвійного суперфосфату, преципітату,амофосів, комплексних добрив). Знефторення апатитів, лужна переробка фосфатної сировини.Виробництво аміновмісних солей, аміачної селітри, карбаміду, твердих та рідких азотних добрив. Виробництво хлориду калію розділенням сильвініту. Калійні добрива.

ТЕМА 10. ***Виробництво азоту, водню, кисню.***

Виробництво водню конверсією водяного газу, метану, каталітичною конверсією метану та монооксиду вуглецю, високотемпературною конверсією метану, розділення коксового газу.

Виробництво азоту та кисню розділенням повітря. Виробничі установки для розділення азоту і кисню. Зберігання та трансформування газів. Очистка газів від сірководню, монооксиду та діоксиду вуглецю.

ТЕМА 11. ***Виробництво аміаку.***

Методи зв'язування атмосферного азоту. Фізико-хімічні основи процесу синтезу аміаку, швидкість реакції. Каталізатори та їх отрути, об'ємна швидкістьта продуктивність каталізатора. Промислові установки для синтезу аміаку.

ТЕМА 12. ***Виробництво азотної кислоти.***

Методи виробництва азотної кислоти. Фізико-хімічні основи виробництва азотної кислоти окисненням аміаку.Оптимальні умови окиснення аміаку. Переробка нітрозних газів. Виробництво розбавленої та концентрованої азотної кислоти. Зберігання та транспортування азотної кислоти. Техніка безпеки та охорона природи при виробництві азотної кислоти.

ТЕМА 13. ***Технологія содових продуктів.***

Виробництво кальцинованої та кристалічної соди, харчової соди, їдкого натру хімічними способами.

Змістовий модуль 4.
Електрохімічні виробництва

ТЕМА 14. ***Електрохімічні виробництва.***

Основні закони електрохімії. Електроліз водних розчинів. Виробництво їдкого натру, водню та хлору. Електроліз водних розчинів хлоридів лужних металів в електролізерах з твердим і рідким катодами. Переробка електролітичного хлору, виробництво соляної кислоти та хлорного вапна.

ТЕМА 15. ***Електротермічні виробництва.***

Основні електротермічні закони. Виробництво карбіду та ціаніду калію. Виробництво фосфору та піролітичної кислоти.

ТЕМА 16. ***Технологія силікатів і в'яжучих матеріалів.***

Сировина силікатної промисловості: фізико-хімічна характеристика кремнезему, глинозему та оксиду кальцію. Подвійні та потрійні системи. Виробництво скла і силікатів, керамічних виробів (будівельної цегли, покрівельних матеріалів, порцеляни, фаянсу, вогнетривких матеріалів), в'яжучих матеріалів (повітряного та гідравлічного вапна, романцементу, сульфатних в'яжучих продуктів, портландцементу, глиноземистого та спеціальних цементів).

Змістовий модуль 5.
Металургійні виробництва

ТЕМА 17. ***Чорна металургія.***

Основи металургійних процесів. Руди та відновники металів, роль флюсів і шлаків у металургійних процесах. Доменний процес, виробництво чавунів та феросплавів. Виробництво сталей: мартенівський, бесемерівський, томасівський, киснево-конвертний та електрометалургійний процеси. Класифікація сталей. Термічна обробка металів.

ТЕМА 18. ***Кольорова металургія.***

Виробництво міді, свинцю, цинкуі алюмінію.

ТЕМА 19. ***Виробництво рідкісних металів.***

Класифікація рідкісних металів та їх значення в промисловості.Виробництво вольфраму, його мінерали, способи переробки вольфрамових концентратів, виділення вольфрамової кислоти та відновлення її до металу, способи переробки порошків на ковкий метал, порошкова металургія. Виробництво молібдену, його мінерали, пірометалургійні та гідрометалургійні способи переробки молібденових концентратів, виділення молібденової кислоти та переробка її на метал і феромолібден.

Виробництво ніобію та танталу, їх мінерали, лужний та кислотний способи розкладання концентратів, розділення ніобію та танталу, виділення металів.Виробництво ванадію, ванадієва сировина, хлоруюче випалення металургійних шлаків, добування ванадію та феровanадію.

Виробництво титану, кислотний спосіб розкладу ільменіту, хлорування титанових концентратів, виділення титанової кислоти, добування титану та феротитану. Виробництво цирконію та гафнію, методи розкладу цирконієвихконцентратів, розділення цирконію та гафнію, виробництво металів, глибока очистка металів.

Змістовий модуль 6.
Виробництво органічного синтезу

ТЕМА 20. *Переробка твердого палива.*

Види палива та способи його переробки. Піролізний та гідролізний способи переробки деревини. Вуглевипалення та суха перегонка деревини. Коксування кам'яного вугілля, переробка коксового газу та кам'яновугільної смоли.

ТЕМА 21. *Переробка нафти та газів.*

Нафта та нафтопродукти. Способи зневоднення сирої нафти, атмосферно-вакуумна перегонка нафти, термічний та каталітичний крекінг. Ароматизація вуглеводнів (гідроформінг-процес). Гідрогенізація твердого та важкого рідкого палива, очистка нафтопродуктів (лужна, кислотна, фізико-хімічна та гідроочистка). Газифікація твердого палива. Виробництво генераторного, водяного та побутового газів. Підземна газифікація вугілля.

ТЕМА 22. *Технологія органічних сполук.*

Промисловий органічний синтез, його розвиток і значення. Сировина для виробництва органічних речовин. Природна та синтетична сировина.

ТЕМА 23. *Виробництво кисневмісних органічних сполук.*

Промислові джерела монооксиду карбону. Синтез метанолу. Фізико-хімічні основи процесу. Каталізатори. Контактний апарат. Виробництво формальдегіду на основі метанолу. Фізико-хімічні основи процесу. Каталізатори. Технологічна схема, застосування формальдегіду. Синтез вуглеводів на основі синтез-газу. Фізико-хімічні основи процесу. Каталізатори. Технологічна схема. Склад продуктів синтезу, їх використання і можливості подальшого використання. Окиснення парафінів. Переробка карбонових кислот. Гідратація етилену – сірчанокисла і пряма. Фізико-хімічні основи процесу. Каталізатори. Технологічна схема. Виробництво карбонових кислот та їх похідних. Виробництво акрилової, адипінової, терефталевої кислот.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	Усього	у тому числі			
		Лек.	Лаб.	Практ.	Сам.
Змістовий модуль 1. Основні питання, закономірності і поняття хімічної технології					
ТЕМА 1. Основні питання і визначення хімічної технології.	3	2	-	-	1
ТЕМА 2. Моделювання технологічних процесів.	6	2	-	3	1
ТЕМА 3. Фізико-хімічні основи хімічної технології.	3	2	-	-	1
ТЕМА 4. Гідромеханічні процеси. Теплові процеси та апарати. Масообмінні та механічні процеси	7	2	-	3	2
Разом за змістовим модулем 1	19	8	-	6	5
Змістовий модуль 2. Сировинна і водопідготовка					
ТЕМА 5. Сировина та енергія в хімічній промисловості.	11	3	4	2	2
ТЕМА 6. Вода в хімічній промисловості.	11	3	4	2	2
ТЕМА 7. Стічні води та методи їх знешкодження.	5	3	-	1	1
Разом за змістовим модулем 2	27	9	8	5	5
Змістовий модуль 3. Основна хімічна технологія					
ТЕМА 8. Виробництво азоту, водню, кисню.	8	2	4	1	1
ТЕМА 9. Виробництво аміаку.	8	2	4	1	1
ТЕМА 10. Виробництво азотної кислоти.	6	2	2	1	1
ТЕМА 11. Виробництво сірчаної кислоти.	8	2	4	1	1
ТЕМА 12. Технологія солей та добрив.	8	2	4	1	1
ТЕМА 13. Технологія содових продуктів.	4	2	-	1	1
Разом за змістовим модулем 3	42	12	18	6	6
Змістовий модуль 4. Електрохімічні виробництва					
ТЕМА 14. Електрохімічні виробництва.	10	3	4	2	1
ТЕМА 15. Електротермічні виробництва.	8	3	2	2	1
ТЕМА 16. Технологія силікатів і в'яжучих матеріалів.	5	2	-	1	2
Разом за змістовим модулем 4	23	8	6	5	4
Змістовий модуль 5. Металургійні виробництва					
ТЕМА 17. Чорна металургія.	8	3	-	2	3
ТЕМА 18. Кольорова металургія.	10	3	2	2	3
ТЕМА 19. Виробництво рідкісних металів.	9	2	2	1	4
Разом за змістовим модулем 5	27	8	4	5	10
Змістовий модуль 6. Виробництво органічного синтезу					
ТЕМА 20. Переробка твердого палива.	7	3	-	2	2
ТЕМА 21. Переробка нафти та газів.	7	3	-	2	2
ТЕМА 22. Технологія органічних сполук.	8	3	-	1	4
Разом за змістовим модулем 6	22	9	-	5	8
Усього годин:	160	54	36	32	38

5. Теми лабораторних занять

№ з/п	Тема	Кількість годин
1	Очистка та визначення вологості сировини	8
2	Аналіз та очистка води	8
3	Добування сірчаної кислоти нітрозним методом	8
4	Виділення калій хлориду із сильвініту та його аналіз	6
5	Визначення мінеральних добрив	6
6	Електроліз розчину натрій хлориду	6
7	Синтез тіоколу	6
8	Одержання нікелевих покрить хімічним способом	6
9	Визначення кремнію в сталі	6
10	Розрахунок матеріального балансу печі для випалювання колчедану	4
11	Розрахунок теплового балансу печі	4
	Разом	68

6. Самостійна робота

№ з/п	Тема	Кількість годин
1	Основи теплопередачі в хімічній апаратурі, закони Фур"є, Стефана-Больцмана. Способи нагрівання в хімічній технології, охолодження і конденсація, випаровування, глибоке охолодження та принцип будови холодних машин, зрідження газів.Промислові печі,теплообмінники і холодильники.	4
2	Фізико-механічні процеси, подрібнення та роздрібнення, типи дробарок та млинів, окускування, агломерація, брикетування, гранулювання. Класифікація та сортування матеріалів,ситовий аналіз. Зберігання рідин та газів.	4
3	Фізико-хімічні методи очистки стічних вод. Евапораційні (пароциркулярний та азеотропний), екстракційні, адсорбційні, термічні методи очистки. Поля зрошення, поля фільтрації, біологічні ставки, біофільтри, аеротенки, метантенки. Очистка побутових стічних вод.	4
4	Зберігання та трансформування газів. Очистка газів від сірководню, монооксиду та діоксиду вуглецю.	4
5	Виробництво кальцинованої та кристалічної соди, харчової соди, їдкого натру хімічними способами.	4
6	Основні електротермічні закони. Виробництво карбіду та ціаніду калію. Виробництво фосфору та піролітичної кислоти.	4
7	Виробництво ніобію та танталу, їх мінерали, лужний та кислотний способи розкладання концентратів, розділення ніобію та танталу, виділення металів.Виробництво ванадію, ванадієва сировина, хлоруюче випалення металургійних шлаків, добування ванадію та феровanадію. Виробництво титану, кислотний спосіб розкладу ільменіту, хлорування титанових концентратів, виділення титанової кислоти, добування титану та феротитану.	5
8	Виробництво дієнових вуглеводнів. Виробництво бутадієну – 1,3. Короткий огляд методів виробництва дивінілу. Виробництво дивінілу дегідруванням н-бутану в одно- і двоступеревому процесах. Фізико-хімічні основи процесу. Каталізатори. Технологічна схема. Виробництво ізопрену. Значення ізопрену. Огляд промислових методів синтезу ізопрену. Тонка очистка ізопрену. Технологічна схема. Виробництво ізопрену диоксановим методом.	5
9	Виробництво барвників, пестицидів та миючих засобів. Класифікація барвників. Виробництво азобарвників, трифенілметанових та індигоїдних барвників. Класифікація пестицидів, застосування їх для боротьби з шкідниками сільського господарства. Миючі засоби, іоногенні та неіоногенні миючі засоби, мила та шампуні.	4
	Разом	38

Методичні розробки до лабораторних робіт

Лабораторна робота № 1
Очистка та визначення вологості сировини

Питання для самопідготовки по темі “Сировинна база хімічної промисловості”:

1. Визначте основні галузі хімічної промисловості України.
2. Вкажіть основні сировинні ресурси України для хімічної промисловості та їх розміщення.
3. Опишіть географію основних галузей хімічної промисловості України.
4. На які групи за походженням і за призначенням поділяються всі види сировини.
5. Методи збагачення твердої сировини.
6. Методи збагачення рідкої сировини.
7. Методи збагачення газоподібної сировини.
8. Конструкції збагачувальних апаратів.
9. Вкажіть, яке призначення мають при пінній флотації збирачі (органічні поверхнево-активні речовини), піноутворювачі, депресори і активатори.
10. Поясніть механізм збагачення сировини при флотації.

Прилади і реактиви: штатив, склянка Оствальда, бюретка, зрівноважувальна склянка, фарфорова чашка, трійник, лійка, фільтри, хімічні стакани, з’єднувальні шланги, кільця, лапки і муфти для штатива, ваги, бюкс, зразок сировини, кальцій карбід.

Хід роботи

Отриманий у лаборанта зразок сировини (термічно стійкий, розчинний у воді мінерал) очищують перекристалізацією. Для цього зразок розчиняють при нагріванні у невеликій кількості води, фільтрують ще теплим. Отриману ропу випаровують у фарфоровій чашці на відкритому вогні до переходу всієї солі у кристалічний стан.

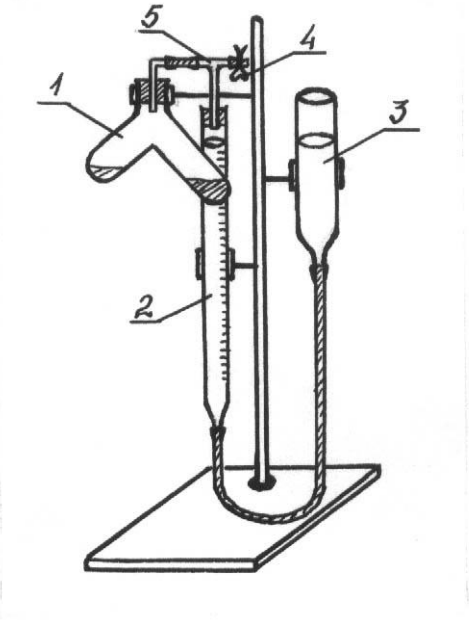

Рис.1 Схема установки для визначення вологості сировини.

Після охолодження солі її пересипають у бюкс. Беруть наважку з попередньо зваженого бюкса з речовиною, і масу взятого матеріалу визначають за різницею маси бюкса.

Дослід проводиться у спеціальній пробірці (“склянка Оствальда”) (1), що має два коліна: “а” та “б” (див. рис. 1). Пробірка з’єднана з бюреткою (2), рівень води в якій встановлюється зрівноважувальною склянкою (3). Добре висушена пробірка закріплюється на штативі і у велике коліно “б” вносять досліджувану речовину (біля 0,5 г) через лійку. В коліно “а” через лійку вносять 1-1,5 прожареного, розмеленого і просіяного кальцій карбіду. Пробірку закривають пробкою, яка через трійник (5) з’єднує її з бюреткою. Підняттям зрівноважувальної склянки бюретку заповнюють водою до нульової поділки, закривають зажим (4) та перевіряють зібраний прилад на герметичність. Вся ця підготовка повинна бути проведена в максимально короткий строк.

Далі склянку Оствальда нахиляють так, щоб карбід кальцію з коліна “а” висипався в коліно “б” з наважкою матеріалу. При цьому відразу ж починає йти реакція з виділенням ацетилену, і рівень рідини в бюретці повинен понижуватись. Рекомендується суміш в пробірці струшувати. Коли виділення газу сильно сповільниться, пробірку опускають в склянку з гарячою водою (45-50°С), яку потім доводять до кипіння.

Після припинення виділення газу та охолодження склянки Оствальда до кімнатної температури вирівнюють висоту води у бюретці та зрівноважувальній склянці. Замірявши об’єм виділеного ацителену, визначають вміст вологи у зразку сировини за формулою:

$$W = \frac{V(P - p_b)0.0578}{(273+t)g}[\%],$$

де V- об’єм ацителену (мл); Р – тиск у кімнаті після закінчення досліду (мм.рт.ст.); p_b – тиск насиченої водяної пари при температурі досліду (мм.рт.ст.); t – температура досліду (°С); g – наважка матеріалу (г).

Задачі для самостійного розв’язування

1. Масова частка Fe_2O_3 в руді 70%, а Fe в концентраті 70%. Скільки концентрату може замінити 10 т такої руди? (7 т)
2. Магнітний сепаратор гірничо-збагачувального комбінату переробляє за годину 160 т подрібненого титаномагнетиту. При цьому одержують магнітний продукт з виходом 38,1% і ступенем добування заліза 72,1%. Масова частка заліза в руді 16,9%, а в продукті – 32%. Визначте масу концентрату і масу відходів, а також масову частку заліза в них. (маса концентрату 60,96 т; маса відходів 99,04 т; заліза в відходах 7,62%.)
3. З 100 т поліметалічної руди одержали 2240 кг мідного концентрату з ступенем концентрації 35,7 та 84 кг молібденового концентрату з ступенем концентрації 8,33. Масові часткі міді і молібдену в концентратах рівні відповідно 25 та 50%. Визначте виходи концентратів та ступені видобування металів. (для молібдену $\eta_к$=0,084%; ε=70%; для міді $\eta_к$=2,24%; ε=80,4%)
4. Визначте, яка кількість 100%-ної сульфатної кислоти може бути отримана з 30000 т сірчаного колчедану, що містить 45% сірки, якщо вихід SO_2 при випалюванні складає 95%, вихід SO_3 (при окисленні SO_2) 98% і 99% його перетворюється в H_2SO_4. (38100 т)
5. Обрахуйте, яка кількість цинкової руди, що містить 4,5% ZnS, повинна бути перероблена для річної виробки 10000 т цинку, якщо при флотації руди одержують концентрат з 40% цинку при ступені видобування 85%, а вихід цинку в процесі переробки концентрату в цинк оксид з подальшим відновленням його і перегонкою металу складає 92% від теоретичного. (27200 т концентрату і 427000 т руди)

Лабораторна робота № 2
Аналіз та очистка води

Питання для самопідготовки по темі “Вода в хімічній промисловості”:

1. Джерела природної води та її класифікація.
2. Напишіть рівняння реакцій, на прикладі кальцій (магній) гідрокарбонату та кальцій (магній) сульфату, що протікають при натронно-содовому методі усунення твердості. Напишіть також реакції натрію фосфату з усіма цими солями при фосфатному методі усунення твердості.
3. Наведіть назви речовин, що містяться в природних водах у вигляді: а) грубодисперсних, б) колоїдних, в) розчинених (гази та тверді тіла) домішок, та вкажіть, які з них повині бути видалені при очистці 1) питної, 2) промислової води, зокрема води для парових котлів. Опишіть коротко, в чому полягає метод очистки питної води, що застосовується на водоочисних станціях, для видалення вищеназваних домішок, і наведіть назви апаратів, в яких проходять окремі стадії процесу.
4. Намалюйте схему установки для повного обезсолення води шляхом послідовного протікання її через Н-катіонітовий, а потім через аніонітовий фільтр. Зобразіть ці апарати в вертикальних розрізах з шарами іонітів, що лежать на решітках, і з’єднайте їх лініями зі стрілками. Передбачте на схемі напорні башти з розчинами реагентів для регенерації і лінії для підводу їх до фільтрів та відводу від них. Напишіть рівняння реакцій видалення хлоридів та сульфатів з води на аніонітовому фільтрі і регенерації розчином їдкого натру.
5. Основні операції водопідготовки.
6. Проблема стічних вод хімічних підприємств та шляхи її вирішення.

Прилади і реактиви: йоннообмінна колонка, штатив, піпетка, бюретка для титрування, колби для титрування, водопровідна вода (відстояна протягом доби), трилон Б, індикатор (еріохром чорний), аміачний буфер.

Хід роботи

Очистка води в даній лабораторній роботі проводиться йоннообмінним методом. Колонкою служить бюретка або скляна трубка (1), закрита знизу пористим матеріалом (3) та заповнена катіонітом (2). Кран (4) йоннообмінної колонки закривають таким чином, щоб дистильована вода, якою вона заповнена в неробочому стані, витікала зі швидкістю 2-4 краплі за секунду. У верхню частину колонки зразу ж починають доливати відстояну водопровідну воду, яка підлягає очистці. За час протікання очищуваної води через колонку (40-50 хв.) з вихідної ємкості відбирають проби водопровідної води для визначення її твердості до очистки.

До точно виміряного об’єму досліджуваної води (20-25 мл) додають 5 мл аміачного буферного розчину, 5-6 крапель індикатора і повільно титрують розчином трилону Б, добре перемішуючи, до зміни забарвлення індикатора. Дослід повторюють 3 рази, для розрахунків беруть середнє значення. Якщо обєм витраченого трилону Б дуже малий (низька твердість води), то для підвищення точності аналізів розчин комплексону варто розбавити у мірній колбі.

Воду, що пройшла через колонку за цей час (дистильована і частина очищуваної) відкидають, а з наступних порцій беруть проби для визначення твердості очистки. Титрування проводять у тому ж порядку, що й для неочищеної води. Твердість води до і після йонообмінної колонки розраховують за формулою:

$$T = 1000\frac{A \cdot N}{V}[мг - екв/л],$$

де А – об'єм витраченого трилону Б (мл); N - нормальність розчину трилону Б (г-екв/л); V – об'єм проби, взятої для титрування (мл).

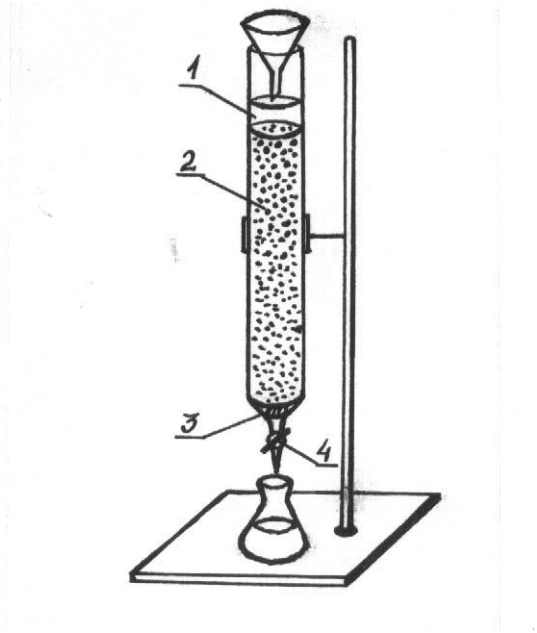

Рис. 2. Схема установки для очистки води.

Отримавши значення твердості води до і після очистки, оцінюють ефективність роботи йонообмінної колонки, розділивши твердість води до й після проходження катіоніту.

Задачі для самостійного розв'язування

1. В 15 $м^3$ природної води міститься 700 г йонів кальцію та 400 г йонів магнію. Визначте загальну твердість води. (2,27 ммоль/л)
2. Визначте постійну твердість води ($Ж_н$), якщо на титрування карбонатів, які містяться в 250 мл води, витрачено 14 мл розчину HCI, молярна концентрація якого 0,1 моль/л, а загальна твердість ($Ж_о$) рівна 5,2 ммоль/л. (2,4 ммоль/л)
3. Твердість води після її обробки вапняним молоком складає 1,25 ммоль/л йонів Ca^{2+}. Скільки тринатрійфосфату з масовою часткою основної речовини 0,95 необхідно для повного пом'якшення 3000 $м^3$ води з урахуванням того, що залишкова концентрація реагенту в ній не перевищує санітарної норми – 2,5 мг/л? (438,6 кг)
4. На окиснення органічних сполук, що містяться в 250 мл досліджуваної води, витрачено 2 мл розчину калій перманганату концентрацією 0,007 моль/л. Визначте окиснюваність води (в перерахунку на кисень). (2,24 мг/л кисню)
5. Визначте емкість поглинання катіоніту ($Е_п$), якщо висота його шару в колонці 1,6 м, діаметр колонки 1,5 м, час роботи без регенерації 75 год. Твердість поступаючої у фільтр води 5 ммоль/л, залишкова твердість 0,02 ммоль/л, об'ємна швидкість потоку 8 $м^3$/год. (1055 моль/$м^3$)

Лабораторна робота № 3

Добування сірчаної кислоти нітрозним методом

Питання для самопідготовки по темі "Виробництво сірчаної кислоти":

1. Види сировини для виробництва сірчаної кислоти.
2. Характеристика основних етапів контактного методу:
   а) випалювання сірковмісної сировини;
   б) окиснення SO_2 в SO_3;
   в) абсорбція триоксиду сульфуру.
3. Які принципи хімічної технології використані в контактному способі виробництва сульфатної кислоти? Вкажіть, в чому конкретно використання того або іншого принципу в стадіях випалювання, спеціальної очистки, контактування та поглинання SO_3?
4. Загальна характеристика нітрозного методу.
5. Будова апаратів сірчанокислого виробництва.
6. Використання сульфатної кислоти.

Прилади і реактиви: установка для отримання сірчаної кислоти, мідна стружка, концентрована азотна кислота, сульфіт або гідросульфіт натрію, концентрована сірчана кислота, 0,1н. розчин лугу, мірна колба на 250 мл, піпетка на 20-25 мл.

Хід роботи

Отримання сірчаної кислоти нітрозним методом проводять в установці, схема якої приведена на малюнку. Нітроген (IV) оксид добувають у пробірці (1) взаємодією 7-10 мл концентрованої азотної кислоти з мідними стружками (2). Сульфур (IV) оксид отримують в іншій пробірці при взаємодії 3-5 г сульфіту чи гідросульфіту натрію (5) з надлишком розведеної сірчаної кислоти (6) взятої у кількості 15-20 мл. Доливати обидві кислоти слід невеликими порціями, найкраще краплями, щоб отримувались однакові об'єми обох газів, про що можна судити по бульбашкам, що проходять через промивалки (3) з розведеною сірчаною кислотою. Гази поступають у реактор (4), який виконує роль продукційної башти. Реактор заповнюють короткими скляними трубками, які змочують водою з ділильної лійки (7).

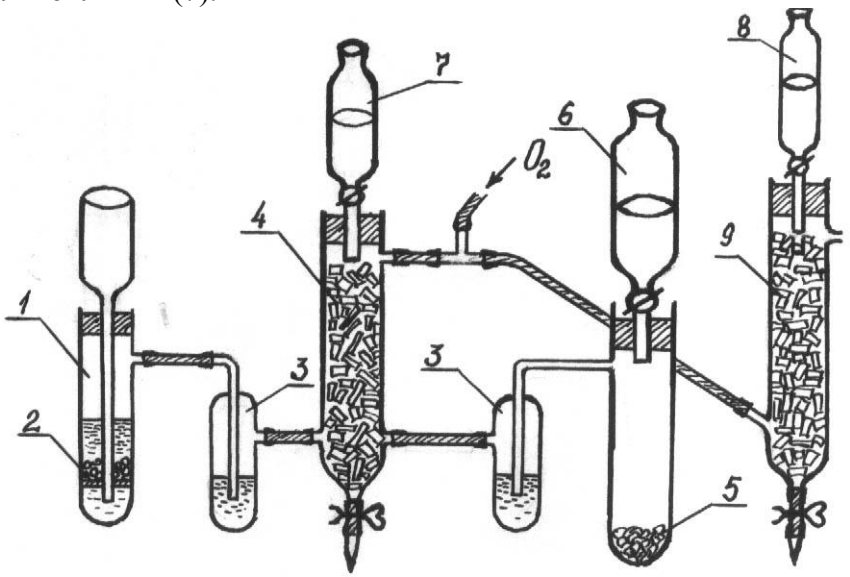

Рис. 4. Схема установки для добування сульфатної кислоти.

В результаті взаємодії сульфур оксидів, нітроген оксидів і води в реакторі утворюється сірчана кислота. Нітроген (II) оксид виходить з реактора і поступає у поглинач (9), заповнений нарізаними скляними трубками, змоченими концентрованою сірчаною кислотою (8).

У поглинач повинна поступати суміш рівних об'ємів NO і N_2O_3. Оскільки в реакторі утворюється нітроген (II) оксид, то для його окиснення через трійник вводять із газометра кисень окремими порціями по 3-5 мл. Необхідно слідкувати, щоб з поглинача не виходили нітроген оксиди, інакше, слід припинити подачу газів у реактор, змочити насадку невеликою кількістю сірчаної кислоти, пропустити невелику кількість кисню і тільки після цього продовжити синтез.

Під час роботи потрібно слідкувати, щоб нітроген оксиди і сульфур (IV) оксид поступали в реактор невеликими порціями, одна газова кулька за 1-2 с. Наявність бурого забарвлення можлива лише у нижній частині реактора. Якщо ж весь реактор буде заповнений бурими парами нітроген (IV) оксиду, то подачу газів потрібно припинити і дещо підсилити подачу сульфур (IV) оксиду. Після закінчення роботи невелику кількість сірчаної кислоти, що утворилася, слід злити з реактора у склянку, промити реактор 3-4 рази невеликими порціями води по 10-12 мл, зливаючи промивні води у ту ж склянку. Потім розчин сірчаної кислоти перелити у циліндр, виміряти об'єм і відтитрувати 0,1н розчином лугу. У поглиначі залишається нітроза, яку можна використати ще раз. Її зливають у склянку, а поглинач промивають невеликою кількістю сірчаної кислоти.

При оформленні результатів розрахунків знайти теоретичну кількість (в грамах) сірчаної кислоти, яка мала б утворитися з певної кількості сульфіту чи гідросульфіту, знайти фактичну кількість (за результатами титрування) та вирахувати процентний вихід.

Задачі для самостійного розв'язання

1. Визначте процентний вміст: а) чистого мінералу FeS_2 у флотаційному колчедані, що містить 36% сірки; б) чистого мінералу халькопіриту $CuFeS_2$ в руді, що містить 4% міді, і в одержаному з нього флотацією концентраті з 20% міді. (67,5%; 11,55%; 57,8%)
2. Складіть матеріальний баланс (в кг) для спалювання 1 т самородної сірки, що містить 3% домішок. Кількість кисню в повітрі, яке поступає в циклонну піч, в 1,4 рази більша теоретичного. Згоряння сірки в SO_2 – повне. Вирахувати також об'єм пічного газу що утворюється з 1 т сірки в $нм^3$ і вміст в ньому складових частин газу в процентах за об'ємом.
3. В олеумний абсорбер поступає 30500 $м^3$/год газу, що містить 10% SO_3. Абсорбер зрошується олеумом, що містить 19% SO_3; олеум, що витікає містить 21,5 SO_3. Знайдіть масу олеуму, необхідну для зрошення абсорбера в кг/год, якщо ступінь абсорбції SO_3 становить 40%. (172141,5 кг/год)
4. До 500 кг 85% -ної сульфатної кислоти добавили 30 кг води. Визначте концентрацію одержаної кислоти і підвищення температури в результаті розведення. (80,19%; 26,4 К)
5. На нейтралізацію 69 г олеуму пішло 149 мл розчину калій гідроксиду з масовою часткою 40% (ρ=1,41). Знайдіть кількість сульфур (VI) оксиду, яка припадає на один моль сульфатної кислоти в олеумі. (0,5)

Лабораторна робота № 4
Виділення калій хлориду із сильвініту та його аналіз

Питання для самопідготовки по темі "Технологія солей та мінеральних добрив":

1. Класифікація мінеральних добрив.
2. Які переваги гранульованого добрива в порівнянні з порошкоподібним. Яким способом можна вносити гранули в грунт.
3. Перерахуйте рідкі добрива, з допомогою яких пристосувань вони вносяться в грунт?
4. Запишіть рівняння реакцій, що протікають при синтезі сечовини. Яким способом непрореаговані вихідні речовини відділяються від продуктів виробництва і у вигляді яких речовин повертаються в колону синтезу?
5. Опишіть три способи використання теплоти екзотермічної реакції на прикладі виробництва: а) синтетичного аміаку; б) нітратної кислоти в стадії окиснення аміаку; в) аміачної селітри в стадії нейтралізації. Поясніть поняття "сокова пара" і яким чином зміна одного з параметрів процесу дозволяє використовувати цю пару для подальшого випарювання розчину, з допомогою якого апарату здійснюється ця зміна параметру?
6. Чому при отримані суперфосфату застосовують сульфатну кислоту певної концентрації?
7. Запишіть рівняння реакцій одержання простого та подвійного суперфосфату з фторапатиту. Як одержують преципітат, амофос? Наведіть рівняння відповідних реакцій.

Прилади та реактиви: дві фарфорових або скляні склянки на 200-250 мл, мішалка, термометр, лійка для гарячого фільтрування, сильвініт або суміш еквівалентних кількостей калій хлориду та натрій хлориду, технохімічні та аналітичні терези, мензурка на 100-150 мл.

Хід роботи

Сильвініт розчиняють в склянці, оснащеній скляною мішалкою і термометром. Вилуговування сильвініту проводиться мителем. Для його отримання зважують в стакані 50 г сильвініту, наливають 100 мл води, нагрівають до кипіння і після перемішування скляною паличкою охолоджують.

Холодний розчин декантують з осаду в стакан, в який додають 50 г сильвініту, і суміш при перемішуванні нагрівають до 100ºС. Потім розчин відділяють від осаду через лійку для гарячого фільтрування. Можна також гарячий розчин швидко профільтрувати через лійку Бюхнеру з допомогою вакуумного насоса. Для фільтруванння можна застосувати звичайний паперовий фільтр. Суміш солей, що залишилась, здають лаборанту. Охолоджують розчин до 25°С, осад калій хлориду відфільтровують через лійку з пористою скляною пластинкою або через паперовий фільтр, висушують і зважують.

Для аналізу продукту відважують на аналітичних терезах 0,1-0,2 г солі, розчиняють її в 10-12 мл води. Додають 1-2 мл оцтової кислоти і доливають розчин кобальтнітриту натрію до припинення виділення жовтого осаду $K_2Na[Co(NO_2)_6]\cdot H_2O$. Фільтрують осад через лійку з пористою пластинкою. Осад промивають спочатку 10%-ним розчином оцтової кислоти до появи безбарвного фільтрату, а потім спиртом. Осад висушують при 110ºС, зважують і розраховують процентний вміст калій хлориду у взятій наважці. Аналітичний фактор для визначення калій хлориду по масі $K_2Na[Co(NO_2)_6]\cdot H_2O$ – 0,1642.

Кількість хлориду калію розраховують на основі результатів аналізу та загальної маси отриманого осаду солей. На основі кількості отриманого калій хлориду і кількості взятого сильвініту розраховують вихід калій хлориду. Кількість солей, які перейшли в розчин, визначають теоретичним шляхом на основі кількості взятої води і розчинності солей.

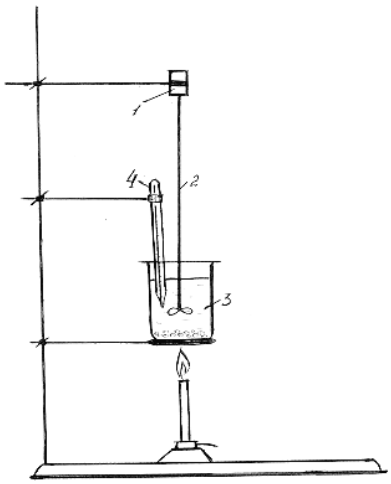

Рис. 7. Схема установки для виділення KCl з сильвініту.

Результати досліду оформляють у вигляді таблиці.

Взято води (в г)	Взято солей (в г)		Випало солей з розчину (в г)		Вихід солі (в %)
	KCI	NaCl	KCl	NaCl	

Задачі для самостійного розв'язування

1. Визначте формулу карналіту $xKCl \cdot yMgCl_2 \cdot zH_2O$, якщо відомо, що при прожарюванні 5,55 г карналіту його маса зменшилася на 2,16 г, а при прожарюванні осаду, одержаного дією розчину лугу на розчин, що містить 5,55 г карналіту, втрати складали 0,36 г. Результати подайте сумою x+y+z. (8)
2. Визначте масу води, в якій при 20°C можна розчинити 120 г солі, що містить 85% калій хлориду, розчинність якого при даній температурі дорівнює 34 г, щоб утворився насичений розчин.
3. Визначте масу кристалогідрату магній хлориду $MgCl_2 \cdot 6H_2O$, що викристалізується при охолодженні 692 г насиченого при 100°C розчину магній хлориду до 20°C, якщо розчинність магній хлориду дорівнює 73 г при 100°C і 54,5 г при 20°C. (415,7 г)
4. Яку масу нітрату амонію треба внести на площу 100 га, якщо норма витрат добрива у перерахунку на зв'язаний Нітроген дорівнює 60 кг/га? (1700 кг)
5. З фосфориту масою 650 кг добули фосфорну кислоту масою 300 кг. Знайдіть масову частку кальцій фосфату у природному фосфаті, якщо виробничі втрати становлять 12%. (83%)
6. Вирахуйте масу води, яка випаровується і складіть матеріальний баланс на 1 т NH_4NO_3, що утворюється при нейтралізації газоподібним аміаком з температурою 50°C 50%-ної HNO_3 з температурою 20°C, якщо з апарату для нейтралізації витікає 70%-ний розчин з температурою 122°C. Слід врахувати статті: "Прихід" (NH_3, HNO_3 100%-на, вода в нітратній кислоті; "Розхід" (NH_4NO_3, вода в її розчині, сокова пара.) Незначні втрати реагентів з парою не враховувати.

Література:

Основна:

1. Гончаров А.І. Хімічна технологія. / Гончаров А.І., Середа І.П. – К.: Вища школа, 1980. - 280 с.
2. Общая химическая технология. / Под ред. И.П. Мухленова. – М.: Высшая школа, 1984. - 256 с.
3. В.Т. Яворський Загальна хімічна технологія: Підручник / В.Т. Яворський, Т.В. Перекупко, З.О. Знак, Л.В. Савчук, Львів: Видавництво Національного університету „Львівська політехніка”, 2009. – 552 с.
4. Яворський В. Технологія сірки і сульфатної кислоти, Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2010. - 404 с.
5. Товажнянський Л.Л. Технологія зв'язаного азоту / Товажнянський Л.Л., Лобойко О.Я., Харків: НТУ "ХПІ", 2007. - 536 с.
6. Мулярчук І.Ф. Твердофазні виробництва мінеральних солей. / Мулярчук І.Ф., Вовкотруб М.П., Київ: Національний аграрний ун-т України, 1998. - 235 с.

Додаткова:

7. Сафранов Т.А. Екологічні основи природокористування : Навч. посібн. для студентів ВНЗ. – Львів: Новий Світ-2000, 2003. – 248 с.
8. Токар Ю.С., Караван Ю.В. Основи раціонального природокористування: Посібник, Львів: В-во ЛНУ імені Івана Франка, 2000. – 159 с.
9. Семенишин Є.М. Енерготехнологія хіміко-технологічних процесів / Семенишин Є.М., Мальований М.С., навч. посібн. – Львів: В-во НУ «Львівська політехніка», 2004. – 412 с.
10. Солтис М. Теоретичні основи процесів хімічної технології / Солтис М., Закордонський В. – Львів, 2002. - 400 с.
11. Теорія процесів виробництв неорганічних речовин / За ред. проф. А.К.Запольського, Київ: Вища школа, 1992. -399 с.