

ВОЛИНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ЛЕСІ УКРАЇНКИ

ФАКУЛЬТЕТ ХІМІЇ ТА ЕКОЛОГІЇ

Кафедра неорганічної та фізичної хімії

ТЕТЯНА САВЧУК, СВІТЛАНА КОРОЛЬЧУК

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ
“ХІМІЧНА ТЕХНОЛОГІЯ”**

*для студентів спеціальності 102 Хімія
014.06 Середня освіта (Хімія)*

Луцьк – 2025

УДК 54:378.22(076)

Рекомендовано до друку науково-методичною радою
Волинського національного університету імені Лесі Українки
(протокол № 6 від 20 лютого 2025 року)

Рецензенти: *Салієва Л.М.* – кандидат хімічних наук, доцент кафедри органічної та фармацевтичної хімії ВНУ імені Лесі Українки.

САВЧУК Т. І., КОРОЛЬЧУК С. І.

I-70. Хімічна технологія. Методичні рекомендації до лабораторних робіт / Савчук Тетяна Іванівна, Корольчук Світлана Іванівна- Луцьк : Вежа-Друк, 2025 – 61 с.

Методичні рекомендації до лабораторних робіт „Хімічна технологія” містять правила роботи в лабораторії, рекомендації до виконання лабораторних робіт та контрольні запитання по тематиці.

Рекомендовано студентам IV курсу, спеціальності 102 Хімія, освітньо-професійної програми Хімія та предметної спеціальності 014.06 Середня освіта (Хімія), за освітньо-професійною програмою Середня освіта (Хімія).

УДК 54:378.22 (076)

©Савчук Т.І., Корольчук С.І. 2025

© Волинський національний університет імені Лесі Українки, 2025

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Правила роботи в лабораторії.....	5
Лабораторна робота № 1. Отримання ацетатної кислоти	7
Лабораторна робота № 2. Установлення вмісту хлориду калію у сильвініті.....	10
Лабораторна робота № 3. Омилення і гідроліз.....	15
Лабораторна робота № 4. Пом'якшення води.....	20
Лабораторна робота № 5. Переробка та властивості природних полімерів, отримання мідно-аміачного волокна.....	24
Лабораторна робота № 6. Виробництво неорганічних пігментів і фарб на їх основі.....	28
Лабораторна робота № 7. Одержання соди методом Леблана.....	34
Лабораторна робота № 8. Виробництво мінеральних добрив. Добування суперфосфату.....	38
Лабораторна робота № 9. Визначення концентрації добутої сульфатної кислоти.....	42
Лабораторна робота № 10. Виробництво аміаку та нітратної кислоти. Визначення концентрацій аміаку та нітратної кислоти.....	47
Лабораторна робота № 11-12. Переробка сировини.....	54
Література.....	59

ВСТУП

Навчальна дисципліна “Хімічна технологія” належить до нормативної освітньої компоненти з циклу професійної підготовки студентів за освітньо-професійною програмою Хімія та Середня освіта (Хімія). Дисципліна спрямована на вивчення та узагальнення даних про технологічні процеси на хімічному виробництві.

Із сучасної точки зору ми можемо визначити технологію як науку про способи масового виробництва продукту. Під поняттям “способи і процеси переробки” розуміють низку послідовних операцій, які виконують з сировиною в різноманітних машинах і апаратах з метою одержання з неї необхідного продукту, що безпосередньо використовується людиною або служить сировиною для одержання інших продуктів чи засобів виробництва.

Основними завданнями вивчення освітнього компонента є систематизація знань про основні характеристики хіміко-технологічного процесу, формування у здобувачів здатності вирішувати різноманітні хіміко-технологічні проблеми, які нерозривно пов’язаний із практичним застосуванням здобутих знань.

ПРАВИЛА РОБОТИ В ЛАБОРАТОРІЇ

Під час роботи в лабораторії треба бути особливо уважним, акуратним і обережним, оскільки в дослідах використовується різний хімічний посуд, реактиви та обладнання. Студенти повинні дотримуватись вимог з охорони праці, техніки безпеки та протипожежної профілактики. У разі їх недотримання студенти несуть дисциплінарну відповідальність. Перед початком лабораторних робіт студенти проходять інструктаж з техніки безпеки, який оформлюється у спеціальному журналі. Крім того, під час кожної роботи вони одержують усний інструктаж від викладача (лаборанта). Працювати в лабораторії студенти повинні на постійному робочому місці в халатах, застібнутих на всі гудзики. Волосся має бути підібране. Проведення дослідів у брудному лабораторному посуді забороняється. Мити посуд потрібно відразу після виконання дослідів. Кожен студент повинен пам'ятати, що більшість хімічних речовин та реактивів отруйні, і невиконання правил роботи з ними наносить шкоду здоров'ю. Тому під час роботи з хімічними реактивами необхідно дотримуватись обережності, уникати потрапляння цих речовин на руки, не торкатися ними обличчя та очей, після роботи слід ретельно мити руки. Хімічні реактиви не можна пробувати на смак. Реактиви для дослідів слід брати лише в тих кількостях, які зазначені в методиці. Усі речовини слід нюхати дуже обережно, не нахиляючись над посудиною та не вдихаючи на повні груди, а спрямовуючи до себе пари чи газу рухом руки. Не слід нахилятися над посудом, в якому щось кипить чи в котрий наливається рідина, оскільки бризки можуть потрапити в очі. Під час нагрівання розчинів у пробірці слід користуватися дерев'яним тримачем, уважно стежити за тим, щоб отвір пробірки чи колби був спрямований у бік від усіх працюючих, оскільки існує загроза викиду рідини з посудини внаслідок перегріву та потрапляння її на обличчя та руки. Коли необхідно перенести посуд з гарячою рідиною треба користуватися рушником, посудину тримати обома руками: однією – за дно, другою – за горловину.

Великі хімічні стакани з рідиною потрібно піднімати лише двома руками так, щоб відігнуті краї склянки опиралися на вказівні пальці. Категорично забороняється нагрівати або охолоджувати будь-які розчини у герметично закритих місткостях, а також закривати колби з гарячою рідиною. Роботу з леткими речовинами (спиртом, ефіром, бензином тощо), концентрованими лугами та кислотами проводити акуратно і під витяжною шафою, не зливати їх в каналізацію без попереднього розведення. Роботу з легкозаймистими рідинами проводити у витяжній шафі та подалі від нагрівальних приладів. У разі загорання легкозаймистих рідин не гасити полум'я водою, а скористатися піском. У дослідях з використанням електроприладів необхідно переконатися в їх справності, правильності підключення до електромережі та контуру заземлення. Під час виконання роботи не можна переносити увімкнуті електроприлади та залишати їх без нагляду. У разі перерви в подачі електроенергії всі пристрої мають бути негайно вимкнуті. У разі використання скляного лабораторного посуду, що легко б'ється, треба бути дуже обережним. Рештки побитого лабораторного скляного посуду слід ретельно замести у спеціальний збірник. Сировину чи напівфабрикати, у які могли потрапити скляні уламки, необхідно викинути у спеціальний збірник. Категорично забороняється приймати їжу в лабораторії. Після закінчення роботи в лабораторії необхідно вимкнути всі електроприлади, якими користувалися, витягну шафу, воду, прибрати свої робочі місця та здати їх черговому, а черговий – лаборанту або викладачу. Обов'язково ретельно вимити руки.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

Отримання ацетатної кислоти

Обладнання: пробірка (2 шт.), лабораторний штатив, газовідвідна трубка, спиртівка.

Реактиви: ацетат натрію, сульфатна кислота (розв.).

Порядок виконання роботи

Поміщають у пробірку 3–4 г натрій ацетату і додають 2–3 мл розчину сульфатної кислоти. Пробірку закривають корком з газовідвідною трубкою, вільний кінець якої опускають у порожню пробірку (рис. 1).



Рис. 1. Установка для отримання ацетатної кислоти

Нагрівають суміш речовин на полум'ї до тих пір, поки у пробірці-приймачі збереться 1–2 мл рідини. Відчувається характерний запах ацетатної кислоти. Визначають об'єм одержаної рідини, розраховують із використанням довідних даних масу ацетатної кислоти і розраховують вихід за рівнянням хімічної реакції.

Контрольні питання

1. Чому фенолоформальдегідні пластмаси переробляються в вироби переважно способом гарячого пресування, а не лиття під тиском?
2. Охарактеризуйте найважливіші пластмаси, які одержують із фенолформальдегідної смоли, і вкажіть галузі їх застосування.
3. Яких заходів техніки безпеки слід дотримуватися під час отримання бромостану?
4. Охарактеризуйте хімічні властивості галогеновуглеводнів (на прикладі бромостану). Наведіть рівняння реакції і вкажіть умови: а) взаємодії з металічним натрієм, магнієм; б) реакцій нуклеофільного заміщення; в) дегідрогалогенування.
5. Опишіть фізичні та хімічні властивості ацетатної кислоти.
6. Які особливості застосування ацетатної кислоти?

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

Установлення вмісту калій хлориду у сильвініті

Мета роботи: визначення масової частки калій хлориду у сильвініті методом осадження.

Обладнання: аналітичні ваги, електроплита, електрична мішалка з функцією нагріву, термометр, колба Бунзена, воронка Бюхнера, воронка для гарячого фільтрування, водоструминний насос, хімічні стакани на 150 мл і 250 мл, скляна паличка, фільтрувальний папір.

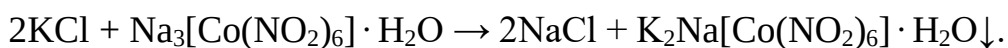
Реактиви: природний сильвініт або механічна суміш натрію і калію хлоридів, натрій гексанітрокобальтат, 10 % ацетатна кислота, етиловий спирт (96 %-вий), дистильована вода.

Порядок виконання роботи

Зважують на аналітичних вагах по 1 г калій хлориду і вихідної суміші солей. Розчиняють наважки окремо в 50 мл води, підкислюють 1–2 мл ацетатної кислоти.

До отриманих розчинів доливають із піпетки краплями насичений розчин (за 50°C) натрій гексанітрокобальтату до припинення випадіння жовтого осаду $\text{K}_2\text{Na}[\text{Co}(\text{NO}_2)_6] \cdot \text{H}_2\text{O}$.

Осади залишають під маточним розчином на 2 год для повного осадження. Повноту осадження перевіряють додаванням ще одної краплі натрій гексанітрокобальтату. Осади відфільтровують через лійку Бюхнера під вакуумом. На лійці їх промивають спочатку 10 % розчином ацетатної кислоти до появи безбарвного фільтрату, а потім етанолом. Осади висушують за кімнатної температури, зважують і розраховують масу калій хлориду згідно з рівнянням хімічної реакції:



Розрахунок хлориду в сильвініті проводять, виходячи зі співвідношення:

m (осаду) з розчину KCl – 100 %;

m (осаду) з розчину сильвініту – x %.

де x – відсотковий склад KCl в сильвініті.

Після визначення складу сильвініту можна здійснити його розділення. Для цього беруть наважку 25 г сильвініту. Окремо готують 75 г маточного розчину, що містить 12,5 % KCl і 18,5 % NaCl. Суміш солей поміщають у термостійкий стакан на 250 мл, оснащений мішалкою і термометром (рис. 2), наливають маточний розчин і нагрівають під час перемішування до кипіння.

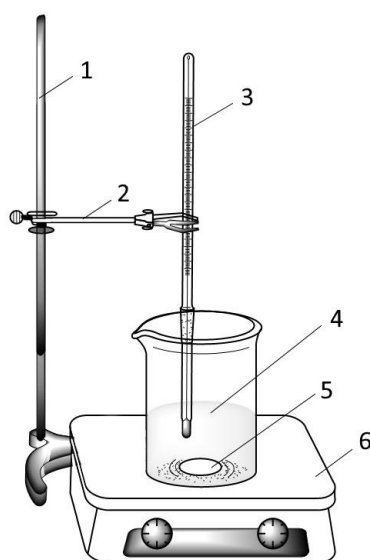


Рис. 2. Установка для виділення калій хлориду з сильвініту

(1 – штатив; 2 – лапка; 3 – термометр; 4 – хімічний стакан із розчином сильвініту; 5 – магнітний якорець; 6 – магнітна мішалка з функцією нагріву)

Після цього швидко відділяють розчин від осаду на лійці Бюхнера під вакуумом. Осад, що залишився на лійці, переносять назад у стакан, а фільтрат охолоджують до кімнатної температури. Осад хлориду калію, що

під час цього випадає, відфільтровують, а фільтратом обробляють осад у стакані. Цю операцію повторюють 2–3 рази, після чого залишок і осад, що випав із фільтрату, висушують, зважують і складають матеріальний баланс процесу (табл. 1). Маточний розчин після останнього відділення хлориду калію можна зберігати для використання у подальших дослідях.

Таблиця 1.

Матеріальний баланс одержання хлориду калію з сильвініту

Вихідна маса, г		Витрата, г	
Сильвініт		$K_2Na[Co(NO_2)_6] \cdot H_2O$	
$Na_3[Co(NO_2)_6] \cdot H_2O$		Маточний розчин, зокрема:	
H_2O		$NaCl$	
Ацетатна кислота		H_2O	
		Ацетатна кислота	
		Втрати	
Всього		Всього	

Контрольні питання

1. Що таке сильвініт?
2. Яке використання мають сильвініт і хлорид калію?
3. У чому полягає галургічний метод одержання хлориду калію?
4. Опишіть одержання хлориду калію методом флотації.
5. Що є осаджувачем для визначення вмісту хлориду калію у сильвініті?

[illegible]

This image shows a full page of blank white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page, providing a guide for handwriting or typing. There are no margins, text, or other markings on the page.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

Омилення і гідроліз

I. Отримання мила

Мета роботи: опанувати технологію отримання твердого мила з жиру рослинного походження.

Обладнання: порцеляновий стакан, хімічний стакан об'ємом 100 та 150 мл (2 шт.), скляні палички.

Реактиви: жир, натрій гідроксид, етиловий спирт, насичений розчин натрій хлориду, $\rho = (1,16 - 1,18) \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$

Порядок виконання роботи

Гідроліз жирів здійснюють спиртовим розчином натрій гідроксиду. Для цього зважують 6 г жиру, переносять у порцеляновий стакан і нагрівають на водяній бані до розплавлення. Готують розчин NaOH шляхом розчинення 2,5 г NaOH у 6 мл H_2O і 15 мл $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$. Спиртовий розчин NaOH доливають під час перемішування до розплавленого жиру. Отриманий розчин кип'ятять протягом 10–15 хв, додають до нього розчин NaCl, приготованого з 15 мл води та 5,4 г NaCl, і охолоджують у бані з водою.

Утворений на поверхні шар мила дістають зі стакана, ретельно висушують фільтрувальним папером і зважують. Окремо зважують стакан з маточним розчином і визначають масу залишкової води з розчиненими у ній надлишком лугу, етанолом і натрій хлоридом.

Після закінчення роботи розраховують вихід мила на взятий жир згідно з рівнянням реакції і складають матеріальний баланс (табл. 2). Під час розрахунку матеріального балансу варто вважати, що жир у реакції витрачається повністю, а весь гліцерин, що утворюється в реакції, сорбується на осаді мила.

Таблиця 2.

Матеріальний баланс процесу одержання мила

Прибуток			Витрата		
Речовина	г	%	Речовина	г	%
Жир			Мило, зокрема:		
NaOH			RCOONa		
C ₂ H ₅ OH			Гліцерин		
NaCl			H ₂ O		
H ₂ O			Маточний розчин, зокрема:		
			NaOH		
			C ₂ H ₅ OH		
			NaCl		
			H ₂ O		
			Втрати		
Всього			Всього		

II. Визначення вмісту жирних кислот в милі

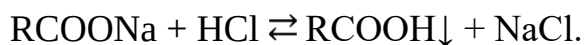
Мета роботи: опанувати методику визначення вмісту жирних кислот (якісного числа) у господарському або туалетному милі.

Обладнання: електроплита, хімічний стакан, скляна паличка.

Реактиви: туалетне або господарське мило, хлоридна кислота.

Порядок виконання роботи

В основі роботи лежить реакція гідролізу мила:



Зважують 5 г туалетного або господарського мила, нарізають його тонкими смужками і поміщають у стакан об'ємом 100 мл. Додають 50 мл

дистильованої води і нагрівають на електроплиті до повного розчинення мила. До отриманого розчину краплями додають 10 мл хлоридної кислоти (1:1), вставляють у стакан із розчином скляну паличку і продовжують нагрівати до утворення на поверхні маслянистого шару. Потім стакан охолоджують, витягають паличку та через отвір, який утворився, зливають рідину. Жирні кислоти, які залишились у стакані, переносять на фільтрувальний папір і висушують за кімнатної температури. Отримані жирні кислоти зважують і розраховують якісне число мила (ЯЧ, г/100 г мила) за формулою:

$$\text{ЯЧ} = \frac{m_{\text{жк}}}{m_{\text{мила}}} \cdot 100,$$

де $m_{\text{жк}}$ – маса жирних кислот після гідролізу, г;

$m_{\text{мила}}$ – маса наважки мила, взятої для аналізу, г;

100 – коефіцієнт для перерахунку на 100 г мила.

Визначають температуру плавлення жирних кислот (титр мила). Порівнюють одержані значення якісного числа і титру мила з нормативними.

Контрольні питання

1. Які основні вимоги висуваються до жирової рецептури твердого і рідкого господарського мила?
2. Які жирні кислоти необхідні в жировому наборі твердого туалетного мила? У чому особливість еталонної рецептури туалетного мила?
3. Охарактеризуйте стадії виробництва мила.
4. На які групи розділяють показники якості мила? Назвіть основні показники.
5. Як розраховують якісне число і титр мила?

[illegible]

This image shows a single page of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page, typical of notebook paper or a document template. There are no margins, text, or other markings on the page.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

Пом'якшення води

Мета роботи: опанувати методику очистку води у лабораторних умовах.

Обладнання: бюретка, колонка, колби для титрування, піпетки, циліндри мирні.

Реактиви: катіоніт, аміачний буферний розчин, трилон Б, індикатор, водопровідна вода

Порядок виконання роботи

Очистка води в даній лабораторній роботі проводиться йоннообмінним методом. Колонкою служить бюретка або скляна трубка, закрита знизу пористим матеріалом та заповнена катіонітом. Кран 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 об'єм 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 йоннообмінної колонки розраховують за формулою:

$$T = (AN/V) \cdot 100, (\text{мг} \cdot \text{екв/л})$$

де А – об'єм витраченого трилону Б (мл);

N - нормальність розчину трилону Б (г-екв/л);

V – об'єм проби, взятої для титрування (мл).

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

Контрольні питання

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 повинні 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. 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.

[illegible]

[illegible]

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

Переробка та властивості природних полімерів, отримання мідно-аміачного волокна

Мета роботи: отримання мідно-аміачного волокна.

Обладнання: електропіч, ексикатор, пробірки, мірний циліндр, терези, піпетки, шприц, склянки.

Реактиви: амоніак (25%-й розчин), вата, папір фільтрувальний, купрум сульфат пентагідрат, дикупрум дигідроксид-карбонат, натрій гідроксид (30%-й розчин), розчин хлоридної кислоти (7%), розчин сульфатної кислоти (10%).

Порядок виконання роботи

Приготування реактиву Швейцера.

Спосіб 1. Зважують 2 г основного купрум (II) карбонату, переносять їх у склянку і додають 20 мл 25%-го розчину амоніаку. Суміш розмішують кілька хвилин. Якщо на дні залишається осад солі купруму, то розчин обережно декантують у іншу склянку.

Спосіб 2. Готуємо приблизно 10 мл насиченого за кімнатної температури розчину купрум (II) сульфату, розчиняючи розтертий у порошок мідний купорос у приблизно 9 мл дистильованої води. До утвореного розчину додаємо 10 мл 25%-го розчину амоніаку і ще приблизно 0,2...0,5 мл 30%-го розчину NaOH. Суміш ретельно розмішують.

У отриманий реактив Швейцера додають невеликими порціями вату або шматочки паперової серветки (приблизно 1...1,5 г). Утворена суміш має бути в'язкою, але без нерозчинених шматочків целюлозних матеріалів.

Утворений розчин залишають на 10 хвилин.

У кристалізатор наливаємо теплий прядильний розчин (10%-й розчин сульфатної або 7%-й розчин хлоридної кислот; 70%-й розчин ацетатної кислоти або 10%-й розчин натрій гідроксиду).

Розчин целюлози набирають у шприц і поєднують його із фільєрою (нею може служити вузький отвір голки для шприца).

Поршень шприца обережно натискають до появи першої краплини у отворі фільєри, і після цього занурюють у кристалізатор.

Пінцетом захоплюють край нитки, що утворюється, і обережно тягнуть, одночасно натискаючи поршень шприца.

По завершенні випускання усього розчину, волокна залишають на декілька хвилин у прядильному розчині, після чого промивають у теплій дистильованій воді, поміщають на чашку Петрі і сушать у сушильній шафі.

Отримане мідно-амоніачне волокно зважують, досліджують його фізичні характеристики і проводять пробу на згорання та розчинення у концентрованому розчині натрій гідроксиду.

Контрольні питання

1. Виробництво мідно-аміачного волокна.
2. Характеристика механізмів та умов здійснення процесів одержання полімерів.
3. Класифікація полімерних матеріалів за властивостями та формою продукції.
4. Деструкція полімерів

[illegible]

[illegible]

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

Виробництво неорганічних пігментів і фарб на їх основі

Мета роботи: виготовлення неорганічних пігментів та фарб.
Обладнання: сушильна шафа, муфельна піч, електропіч, магнітна мішалка, вакуумний насос, воронка Бюхнера, чашки Петрі, склянки, фарфорова ступка з товкачиком, фарфоровий тигель, піпетка, скляна паличка, терези.

Реактиви: кобальт (II) сульфат гептагідрат (або кобальт (II) нітрат), динатрій гідрофосфат, оліфа.

Порядок виконання роботи

Дослід 1. Готують розчини реагентів. Для цього зважують певну масу кобальт (II) сульфату гептагідрату (2,5 – 4 г) і обчислюють об'єм води, в якому слід розчинити дану порцію солі щоб одержати розчин з концентрацією CoSO_4 близько 200 г/л. Потім відважують наважку $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, маса якої в 1,7 рази більша за масу кобальт сульфату, і також обчислюють об'єм води в якому слід розчинити дану порцію солі, щоб одержати розчин Na_2HPO_4 з концентрацією 200г/л. Після цього відміряють необхідні об'єми води і вливають їх у склянки. Склянки ставлять на електропіч і висипають в них відповідні солі.

Розчини нагрівають до 60°C при постійному перемішуванні.

Склянку з розчином натрій гідрофосфату ставлять на магнітну мішалку і вмикають її. Потім в цю склянку вливають розчин кобальт сульфату і перемішують протягом 15 хв. Після цього дають осаду трохи відстоятись і обережно зливають маточний розчин через фільтр на воронці Бюхнера.

Осад у склянці промивають декантацією: до осаду додають порцію теплої дистильованої води (близько 40 мл), вмикають на 1–2 хвилини мішалку, а потім, давши осаду відстоятись, зливають його через той же фільтр на воронці Бюхнера. Операцію повторюють 4–5 разів. За останнім разом осад з дистильованою водою кількісно переносять на фільтр.

Відфільтрований осад поміщають у сушильну шафу при температурі 110–120°C на декілька годин.

Висушений осад розтирають у ступці до стану дрібного порошку і поміщають у фарфоровий тигель.

Тигель з осадом ставляють у муфельну піч, де прожарюють при 900°C протягом 1–1,5 годин.

Прожарений осад знову дуже ретельно розтирають у ступці.

Розтертий пігмент переносять у попередньо зважену склянку, зважують склянку з пігментом (визначаючи таким чином його масу), і додають по краплинах олію (або оліфу) постійно перемішуючи, доки не утвориться однорідна суспензія. Після цього одержану фарбу зважують іще раз. За різницею мас сухого пігменту і фарби визначають масу доданої олії. Маслоємність обчислюють за формулою:

$$M = \frac{m(\text{олії})}{m(\text{пігменту})} \cdot 100\%$$

Дослід 2. Смарагдова зелень (зелень Гіньє, вер Гіньє)

Обладнання: сушильна шафа, муфельна піч, електропіч, вакуумний насос, воронка Бюхнера, чашки Петрі, склянки, фарфорова ступка з товкачиком, фарфоровий тигель, скляна паличка, терези.

Реактиви: калій дихромат, борна кислота, оліфа.

Порядок виконання роботи

Одержання шихти: Зважують певну масу калій дихромату (1,5–2,5 г) і насипають її у фарфоровий тигель з високими стінками. В тигель наливають дистильованої води, об'єм якої перевищує масу дихромату у 1,5 – 2 рази. Тигель ставлять на електропіч і нагрівають при перемішуванні до повного розчинення калій дихромату. В разі необхідності додають і ще 0,5–1 см³ води.

Потім відважують наважку борної кислоти, маса якої в 2,5 – 3 рази більша за масу калій дихромату, і всипають її у тигель з гарячим розчином калій дихромату.

Суміш ретельно перемішують скляною паличкою до однорідного кашоподібного стану.

Прожарювання шихти: Тигель з шихтою ставлять у муфельну піч. Прожарюють шихту при температурі 600–650°C протягом 40 – 60 хв.

! *Шихта дуже сильно розпушується і може витікати через стінки тигля – слід контролювати нагрівання, що запобігти втраті шихти.*

Після закінчення прожарювання тигель з плавом дістають із печі і охолоджують.

Розклад і промивання плаву: тигель з охолодженим плавом поміщають у склянку з 70 – 100 см³ дистильованої води, що кипить, і кип'ятять протягом 30 – 60 хв., час від часу перемішуючи.

У іншу склянку наливають 100 – 150см³ води і нагрівають майже до кипіння.

Осад ретельно вимивають з тигля і фільтрують на воронці Бюхнера.

Осад промивають гарячою водою на фільтрі.

Сушка і розмелювання пігменту: пігмент на фільтрі переносять у чашку Петрі і ставлять у сушильну шафу. Сушать пігмент протягом кількох годин при температурі 70 – 80oC. При вищій температурі може відбуватись часткова втрата води пігментом.

Висушений пігмент розтирають у ступці.

Розтертий пігмент переносять у попередньо зважену склянку, зважують склянку з пігментом (визначаючи таким чином його масу), і додають по краплинах олію (або оліфу) постійно перемішуючи, доки не утвориться однорідна суспензія. Після цього одержану фарбу зважують і ще раз. За

різницею мас сухого пігменту і фарби визначають масу доданої олії.

Маслоємність обчислюють за формулою:

$$M = \frac{m(\text{олії})}{m(\text{пігменту})} \cdot 100\%$$

Контрольні питання

1. Характеристика фарб.
2. Класифікація пігментів.
3. Пігмент Кобальт фіолетовий темний його характеристика
4. Пігмент Смарагдова зелень його характеристика

[illegible]

[illegible]

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7

Одержання соди методом Леблана

Мета роботи: отримання соди у лабораторних умовах.

Обладнання: муфельна піч, керамічні тиглі, електроплитка, склянки, аналітичні і технохімічні терези.

Реактиви: кальцій карбонат, натрій сульфат безводний, деревне вугілля.

Порядок виконання роботи

Зважують на технохімічних терезах 5 г безводного натрій сульфату, близько 5 г кальцій карбонату, та близько 2–3,5 г деревного вугілля.

Компоненти суміші ретельно перемішують та розтирають у ступці до однорідної маси.

Суміш вносять у порцеляновий тигель і ставляють у муфельну піч, розігріту до 650-700°C.

Суміш у тиглі витримують близько 15-20 хвилин при температурі 930–960°C (ознакою завершення реакції є зникнення блакитних вогників на поверхні суміші у тиглі).

Тигель з плавом охолоджують і висипають спечену масу у 25–30 мл нагрітої до 50°C дистильованої води, намагаючись максимально видалити спечену масу з тигля.

Осад швидко фільтрують і промивають на фільтрі 5–10 мл дистильованої води.

Фільтрат наливають у склянку і нагрівають до кипіння. Обережно випарюють розчин приблизно до половини його об'єму.

Розчин охолоджують до кімнатної температури і ставляють на льодяну баню. Кристали, що випали, відфільтровують.

Кристали поміщають у тигель або скляний бюкс і ставляють у сушильну шафу, нагріту до 110–120°C, на годину. Сухий залишок зважують і обчислюють вихід продукту від теоретичного.

Контрольні питання

1. Опишіть фізичні та хімічні властивості соди.
2. Методи одержання соди.
3. Застосування соди.
4. Опишіть аміачний спосіб отримання кальцинованої соди.

[illegible]

[illegible]

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8

Виробництво мінеральних добрив. Добування суперфосфату.

Мета роботи: добути суперфосфат у лабораторії.

Обладнання: хімічний стакан; фарфорова ступка; мірна колба на 250 мл.

Реактиви: апатит чи фосфорит; 62-65% розчин сульфатної кислоти; 10% розчин хлоридної кислоти.

Порядок виконання роботи

За рівнянням реакції розрахувати необхідну кількість сульфатної кислоти для взаємодії з 10 г апатиту чи фосфориту. Якщо використовується апатит, то на 3 моль P_2O_5 необхідно 7 моль H_2SO_4 , а якщо фосфорит – на 1 моль P_2O_5 необхідно 2 моль H_2SO_4 . Сульфатної кислоти необхідно взяти на 10% більше чим розраховано. 62-65%-ву сульфатну кислоту готують шляхом розведення концентрованої сульфатної кислоти, а концентрацію перевіряють за густиною з використанням ареометру.

Розрахований об'єм сульфатної кислоти налити в попередньо зважений скляний стакан і нагріти до 50-60°C.

Після цього при постійному перемішуванні протягом 10-12 хв окремими порціями пересипати в склянку наважку вихідної речовини, потім перемішати ще 10-15 хв, помістити в термостат і витримати 1-1,5 год при температурі 100-110°C.

Всі операції для одержання суперфосфату проводять в окулярах та гумовий рукавицях!

Після охолодження до кімнатної температури зі склянки видобути суперфосфат, зважити, та визначити його вихід, а потім провести аналіз на загальний вміст фосфору, що засвоюється.

Результати роботи записати в таблицю.

Результати роботи	Отримані результати
m наважки сировини, г	
m (H_2SO_4) в перерахунку на 100%-ву г	
Vp-ну (H_2SO_4), мл.	
Вихід $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ теор., г,	
Вихід $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ практ., г,	

Контрольні питання

1. Класифікація добрив.
2. Нітратні добрива. Одержання амоній нітрату
3. Виробництво сечовини.
4. Калійні добрива. Виробництво калій хлориду методом галургії та флотації.
5. Фосфатні добрива, їх класифікація і шляхи добування.
6. Хімізм отримання суперфосфату та подвійного суперфосфату.
7. Суперфосфатна камера та принцип її роботи.

[illegible]

[illegible]

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 9

Визначення концентрації добутої сульфатної кислоти.

Мета роботи: визначити концентрацію сульфатної кислоти

Обладнання: колба Ерленмеєра; бюретка з штативом для титрування; мірна колба на 100 мл; мірний циліндр на 100 мл; хімічний стакан на 100 мл; аналітичні терези; піпетка на 1-2 мл.

Реактиви: 0,1 М розчин натрій гідроксиду; 1 М розчин натрій гідроксиду; досліджувана сульфатна кислота; індикатор (метилоранж, фенолфталеїн)

Порядок виконання роботи

На аналітичних терезах зважити хімічний стакан, в який помістити 1 мл розчину сульфатної кислоти невідомої концентрації. Повторно зважити хімічний стакан з кислотою. За різницею мас визначити масу розчину кислоти. Кислоту перенести в мірну колбу на 100 мл. Залишки кислоти зі стаканчика змити тричі і також злити в цю ж мірну колбу. Об'єм розчину в мірній колбі довести до мітки. Розчин перемішати і перенести в колбу Ерленмеєра. Додати до розчину індикатор (метилоранж, фенолфталеїн) і відтитрувати 1 М розчином натрій гідроксиду. Результати аналізу записати в таблицю 3.

Таблиця 3.

Результати аналізу

Номер досліду	V(NaOH), мл	V _{сер.} (NaOH), мл
Дослід 1		
Дослід 2		
Дослід 3		

Концентрацію кислоти визначити за формулою:

$$C(\text{H}_2\text{SO}_4) = V_1 \cdot C_1 \cdot 100 / V_2,$$

де $C(\text{H}_2\text{SO}_4)$ – концентрація сульфитної кислоти, моль/л;

V_1 – об'єм розчину натрій гідроксиду, затраченого на титрування, мл;

V_2 – об'єм розчину сульфитної кислоти, взятого для аналізу, мл;

C_1 – концентрація розчину натрій гідроксиду, моль/л;

100 – коефіцієнт розведення.

Результати аналізу записати в таблицю 4.

Таблиця 4.

Результати аналізу

m H_2SO_4 , г	V H_2SO_4 , мл	ρ кислоти, г/мл	Об'єм V H_2SO_4 для титрування, мл	$C(\text{NaOH})$, взятого для титрування, моль/л	V(NaOH), затраченого на титрування, мл	$C(\text{H}_2\text{SO}_4)$ моль/л

Контрольні питання

1. Сировина для виробництва сульфатної кислоти.
2. Хімізм та характер хіміко-технологічного процесу виробництва сульфатної кислоти з піриту.
3. Фактори, що впливають на швидкість хімічних реакцій.
4. Окиснення сировини в поличних печах.
5. Окиснення сировини в печах з киплячим шаром та в печах із завислим шаром.
6. Окиснення сировини в горизонтальних печах.
7. Контактне окиснення SO_2 до SO_3 .
8. Принцип роботи контактного апарату та каталізатору.
9. Виробництво сульфатної кислоти з сірки та гідрогенсульфіду.

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

This image shows a single page of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 10

Виробництво аміаку та нітратної кислоти. Визначення концентрацій аміаку та нітратної кислоти

Мета роботи: визначити концентрацію аміаку та нітратної кислоти.

Обладнання: бюретка з штативом для титрування; колба Ерленмеєра; мірна колба на 50 мл; піпетка на 1-2 мл; піпетка на 5 мл.

Реактиви: 0,1 н розчин сульфатної кислоти; 1 н розчин натрій гідроксиду; 0,1 н розчин натрій гідроксиду; розчини амоніаку та нітратної кислоти невідомої концентрації, індикатори – метиловий оранжевий, метиловий червоний.

Порядок виконання роботи

Амоніак є леткою речовиною і слабкою основою, тому його визначення не можна проводити прямим титруванням. Застосовують зворотне (за залишком) титрування. Спочатку амоніак реагує з сульфатною кислотою, а потім залишок сульфатної кислоти відтитровують лугом. В основі визначення лежать реакції:



В колбу Ерленмеєра налити 50 мл 0,1 н розчину сульфатної кислоти. Додати 1 мл досліджуваного розчину амоніаку. Отриманий розчин титрувати 0,1 н розчином натрій гідроксиду в присутності індикатора метилового червоного. Паралельно проводити титрування 50 мл 0,1 н розчину сульфатної кислоти натрій гідроксидом в присутності метилового червоного. Результати аналізу записати в таблицю 5.

Результати аналізу

№	V(NaOH) , що використано на титрування, мл	V _{сер.} (NaOH), що використано на титрування чистої кислоти, мл	V(NaOH), що використано на титрування досліджуваного розчину, мл	V _{сер.} (NaOH), що використано на титрування досліджуваного розчину, мл
Дослід 1				
Дослід 2				
Дослід 3				

За різницею об'ємів 0,1 н розчину натрій гідроксиду, що витрачено на титрування кислоти та на титрування досліджуваної проби розрахувати вміст амоніаку (NH₃) в розчині. Концентрацію NH₃ розрахувати за формулою:

$$C_{\text{NH}_3} = V_1 \cdot C_1 - V_2 \cdot C_1 / V_3,$$

де C_{NH_3} – концентрація амоніаку в розчині, моль екв/л;

V_1 – об'єм розчину натрій гідроксиду, затраченого на титрування чистої кислоти, мл;

V_2 – об'єм розчину натрій гідроксиду, затраченого на титрування досліджуваного розчину, мл;

V_3 – об'єм розчину амоніаку, взятого для аналізу, мл;

C_1 – концентрація розчину натрій гідроксиду, моль екв/л;

Для визначення маси амоніаку в розчині використати формулу:

$$m_{\text{NH}_3} = V_1 \cdot C_1 \cdot M_{\text{екв}} / 1000,$$

де m_{NH_3} – маса амоніаку в розчині, г;

V_1 – об'єм розчину амоніаку, взятого для аналізу, мл;

C_1 – визначена концентрація розчину амоніаку, моль екв/л;

$M_{\text{екв}}$ – молярна маса еквіваленту амоніаку, г/моль екв.

Результати аналізу записати в таблицю 6.

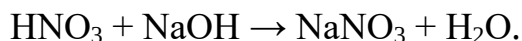
Таблиця 6

Результати аналізу

V_{NH_3} , мл	$V_{\text{H}_2\text{SO}_4}$, мл	$C_{\text{H}_2\text{SO}_4}$, моль екв/л	C_{NaOH} , моль екв/л	V_{NaOH} , затраченого на чисту кислоту, мл	V_{NaOH} , затраченого на зворотне титрування, мл	C_{NH_3} , моль/л

Визначення концентрації нітратної кислоти

Для визначення концентрації нітратної кислоти використати кислотно-основне титрування в присутності індикатора. В якості індикатора використати фенол-фталеїн, який додати до кислоти:



В мірну колбу на 50 мл відібрати 5 мл досліджуваної кислоти. Довести об'єм розчину до мітки та перемішати вміст. Перенести в колбу ерленмеєра отриманий розчин та відтитрувати 1 н розчином натрій гідроксиду в присутності індикатора метилового оранжевого. Результати аналізу записати в таблицю 7.

Результати аналізу

Номер досліджу	V_{NaOH} , що використано на титрування, мл	V_{NaOH} середній, що використано на титрування, мл
Дослід 1		
Дослід 2		
Дослід 3		

Концентрацію HNO_3 розрахувати за формулою:

$$C_{\text{HNO}_3} = V_1 \cdot C_1 \cdot 10 / V_2,$$

де C_{HNO_3} – концентрація нітратної кислоти, моль/л;

V_1 – об'єм розчину натрій гідроксиду, затраченого на титрування, мл;

V_2 – об'єм розчину нітратної кислоти, взятого для аналізу, мл;

C_1 – концентрація розчину натрій гідроксиду, моль/л;

10 – коефіцієнт розведення.

Результати аналізу записати в таблицю 8.

Таблиця 8.

Результати аналізу

V_{HNO_3} , мл	V_{HNO_3} , мл взятого на титрування	$C_{\text{H}_2\text{SO}_4}$, мольекв/л	C_{NaOH} , яким титруємо, моль/л	V_{NaOH} , затраченого на титрування, мл	C_{HNO_3} , моль/л	m_{HNO_3} , г

Контрольні питання

1. Способи зв'язування атмосферного азоту.
2. Ціанамідний та дуговий спосіб.
3. Виробництво азоту з повітря шляхом ректифікації. Зрідження повітря.
4. Синтез амоніаку при середньому тиску.
5. Умови проведення контактного окиснення амоніаку до нітроген (II) оксиду.
6. Робота контактного апарату при низькому та високому тиску.
7. Хімізм отримання розведеної нітратної кислоти.
8. Хімізм отримання концентрованої нітратної кислоти.

[illegible]

[illegible]

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 11 – 12

Переробка сировини

Мета роботи: сформувати уявлення про процеси, що відбуваються під час добування, підготовки, переробки сировини, визначити основні хіміко-технологічні процеси, що при цьому використовуються. Визначити місце води у процесах підготовки, використання та переробки сировини.

Основні поняття: технологія, хімічна технологія, операція, сировина, концентрат, хвости, подрібнення, збагачення, сепарація, флотація, агломерація, матеріальний баланс, енергетичний баланс, потужність, коефіцієнт використання, селективність, практичний вихід, ступінь вилучення, ступінь перетворення.

Порядок виконання роботи

1. *Теоретичне опитування за планом самостійної роботи.* Самостійно опрацюйте запропоновані контрольні запитання та підготуйтеся до усного виступу та співбесіди за ними.

Контрольні запитання:

- а) поняття хімічної технології: технологія, хімічна технологія, механічна технологія, сировина, напівпродукти, операція;
- б) техно-економічні показники;
- в) класифікація хіміко-технологічних процесів;
- г) сировина та методи її переробки;
- д) методи збагачення сировини;
- е) коефіцієнт використання та ступінь перетворення сировини;
- є) вихід продукту та селективність;
- ж) показники виробництва: потужність, інтенсивність апарату;
- з) матеріальні і теплові баланси виробництва.

2. *Представлення технологічної схеми.* Підготуйте технологічну схему одного з процесів або виробництва в цілому по контрольним запитанням наведеним вище та представте її аудиторії.

3. *Розв'язування розрахункових задач з теми.* Розв'яжіть запропоновані задачі:

а) розрахуйте потужність печі пилового обпалювання колчедану, якщо її діаметр 4,2 м, висота 8 м, а інтенсивність 1000 кг/м³ на добу.

б) розрахуйте інтенсивність та потужність колони синтезу амоніаку діаметром 140 см, висотою 14 м, якщо за 10 діб вироблено 3000 т амоніаку.

в) розрахуйте коефіцієнт використання залізного колчедану, що містить 28% сульфуру, на 1 т 92%-вої контактної сульфатної кислоти. Виробничі витрати становлять 8%.

г) визначити вихід сульфатної кислоти, якщо для її добування було взято руду, яка містить 49% залізного колчедану, із 1 т якого добуто 0,952 т 76%-вої сульфатної кислоти.

д) яка маса води теоретично необхідна для розчинення 100 кг технічного кальцій оксиду, який містить 5% магній оксиду і 3% домішок, що не взаємодіють з водою

4. *Складіть матеріальний баланс. Прибуток кг. Витрата кг.*

1) Кальцій оксид 2) Вода 3)

1) Кальцій гідроксид 2)..... 3) Домішки.

5. *Презентація підготовлених повідомлень здобувачами вищої освіти.* За бажанням оберіть запропоновану тему повідомлення з теми, яку вивчаєте. Підготуйте усний виступ та електронну презентацію з теми. Будьте готові виступити перед аудиторією. Орієнтовні теми повідомлень:

а) гранично допустимі концентрації речовин у викидах газів на виробництвах;

б) гранично допустимі концентрації речовин у рідких викидах на виробництвах;

- [illegible]

[illegible]

[illegible]

ЛІТЕРАТУРА

1. Загальна хімічна технологія: [підруч. для студ. вищ. навч. закл.] /В. Т. Яворський, Т. В. Перекупко, З. О. Знак, Л. В. Савчук ; Нац. ун-т "Львівська політехніка". – Львів : Національний університетт Львівська політехніка, 2005. – 551 с.
2. Industrielle anorganische Chemie. / Karl Heinz Büchel, Hans-Heinrich Moretto, Peter Woditsch. – 2nd compl. rev. ed. – Weinheim: Wiley-VCH, 2003. – XXV, - 642 p.
3. ХімТехДопомога : сайт присвячений хімічній промисловості, починаючи відважкого машинобудування і закінчуючи поліграфією та друком [Електронний ресурс]. – 2015. – Режим доступу: <http://fitoera.ru>
4. Іванов С. В. Загальна хімічна технологія: навчально-методичний комплекс / С. В. Іванов, П. С. Борсук, Н. М. Манчук. – К. : НАУ, 2008. – 288 с.
5. Електронний ресурс:
https://dspace.nau.edu.ua/bitstream/NAU/57410/3/02_%D0%97%D0%A5%D0%A2_%D0%9A%D0%9B.pdf
6. Електронний ресурс:
https://www.researchgate.net/profile/Vladimir-Zaitsev-2/publication/317318918_ANALITICNA_HIMIA_Analytical_Chemistry/links/5931dfeaaca272fc55084181/ANALITICNA-HIMIA-Analytical-Chemistry.pdf
7. Денисюк Р. О. Хімічна технологія: підручник. Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2017. - 344 с.
8. Загальна хімічна технологія: навч.-метод. посіб. / В. П. Беженар, О. М. Хацевич. Івано-Франківськ: Вид-во Прикарпатського національного університету ім. Василя Стефаника, 2011. - 203 с.
9. Іванов С. В., Манчук Н. М., Борсук П. С. Загальна хімічна технологія: промислові хіміко-технологічні процеси: навч. посіб. Київ: Вид-во Нац. авіац. ун-ту НАУ-друк, 2010. - 280 с.

10. Хімічна технологія. Виробничі хіміко-технологічні процеси: навч. посіб. / О. С. Лявинець, О. В. Скрипська, О. В. Кушнір. Чернівці: ЧНУ ім. Ю. Федьковича: Рута, 2019. - 167 с.
11. Джурка Г. Ф. Хімічна технологія [Текст] : навч. посіб. / Григорій Федорович Джурка, К. І. Тарабун ; Полтав. нац. пед. ун-т імені В. Г. Короленка, Каф. хімії та методики викладання хімії. – Полтава : Шевченко Р. В., 2014. – 229 с.

Навчально-методичне видання

Автори: Савчук Тетяна Іванівна,
Корольчук Світлана Іванівна

ХІМІЧНА ТЕХНОЛОГІЯ

*методичні рекомендації
до лабораторних робіт*

Друкується в авторській редакції

Формат 60x84 1 /16. Обсяг 3,02 ум. друк. арк., 2,96 обл.-вид. арк. Наклад 50 пр. Видавець і виготовлювач – Вежа-Друк (м. Луцьк, вул. Шопена, 12, тел. (0332) 29-90-65). Свідоцтво Держ. комітету телебачення та радіомовлення України ДК № 4607 від 30.08.2013 р.