

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»



НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ПРИРОДНИЧИХ НАУК
І ТЕХНОЛОГІЙ
Кафедра хімії та хімічної інженерії

**ХІМІЯ І ТЕХНОЛОГІЯ СИНТЕЗУ НЕОРГАНІЧНИХ ТА ОРГАНІЧНИХ
НІТРОГЕНОВМІСНИХ СПОЛУК**

Методичні рекомендації до виконання лабораторних і практичних робіт
для здобувачів ступеня магістра
зі спеціальності G1 Хімічні технології та інженерія

Дніпро
НТУ «ДП»
2025

Хімія і технологія синтезу неорганічних та органічних нітрогеновмісних сполук [Електронний ресурс]: методичні рекомендації до виконання лабораторних і практичних робіт для здобувачів ступеня магістра зі спеціальності G1 Хімічні технології та інженерія / уклад.: А.О. Овчаренко, О.Ю. Свєткіна, А.С. Коверя, О.С. Пантелєєва, Г.В. Тарасова, К.О. Черданцева ; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро : НТУ «ДП», 2025. – 34 с.

Укладачі:

А.О. Овчаренко, канд. хім. наук, доц.;

О.Ю. Свєткіна, д-р техн. наук, доц.;

А.С. Коверя, канд. техн. наук, доц.;

О.С. Пантелєєва, канд. хім. наук;

Г.В. Тарасова;

К.О. Черданцева, канд. хім. наук.

Затверджено науково-методичною комісією зі спеціальності G1 Хімічні технології та інженерія (протокол № 2 від 01.12.2025) за поданням кафедри хімії та хімічної інженерії (протокол № 4 від 01.12.2025).

Методичні матеріали призначено для підготовки здобувачів ступеня магістра до виконання лабораторних і практичних робіт з дисципліни «Хімія і технологія синтезу неорганічних та органічних нітрогеновмісних сполук» згідно з вимогами освітньо-професійної програми «Хімічні технології та інженерія» зі спеціальності G1 Хімічні технології та інженерія.

Відповідальна за випуск завідувач кафедри хімії та хімічної інженерії
О.С. Пантелєєва, канд. хім. наук.

ЗМІСТ

Вступ	4
Мета і результати навчання	4
Правила техніки безпеки в хімічній лабораторії	6
Лабораторна робота №1. Ароматичні аміни.	7
Лабораторна робота №2. Багатоядерні ароматичні сполуки. Барвники.	9
Лабораторна робота №3. Якісні реакції на водорозчинні вітаміни.	11
Лабораторна робота №4. Мінеральні добрива.	15
Практична робота №1. Аміни.	17
Практична робота №2. Енергонасичені матеріали: характеристика та класифікація.	19
Практична робота №3. Сировина для виробництва енергонасичених матеріалів.	24
Практична робота №4. Хіміко-технологічний процес виробництва енергонасичених матеріалів: схеми та розрахунки.	27
Практична робота №5. Нітрогеновмісні харчові добавки.	29
Практична робота №6. Алкалоїди.	30
Критерії оцінювання	32
Перелік рекомендованої літератури	33

ВСТУП

«Хімія і технологія синтезу неорганічних та органічних нітрогеновмісних сполук» є однією з найважливіших дисциплін при підготовці фахівців другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю G1 Хімічні технології та інженерія, оскільки включає вивчення фізико-хімічних та хіміко-технологічних процесів синтезу неорганічних та органічних нітрогеновмісних сполук, основ матеріальних і теплових розрахунків цих процесів, їх хімізм та принципи аналізу.

При підготовці магістрів за спеціальністю G1 Хімічні технології та інженерія вивчення курсу «Хімія і технологія синтезу неорганічних та органічних нітрогеновмісних сполук» має особливе значення з огляду на те, що реалізація задач курсу дозволяє майбутнім інженерам хімікам-технологам вирішувати різноманітні завдання широкого спектру хімічних виробництв.

Нітроген є одним із найважливіших елементів у хімії, оскільки його сполуки широко використовуються в різних галузях науки, техніки, медицини, сільського господарства та промисловості. Нітрогеновмісні сполуки мають надзвичайно різноманітні властивості та функції, що робить їх критично важливими для розвитку хімічної промисловості. В рамках цієї методичної роботи розглядаються як неорганічні, так і органічні сполуки Нітрогену, їх фізико-хімічні властивості, методи добування та шляхи застосування в різних галузях. Особливу увагу приділено добривам, фармацевтичним препаратам, барвникам, енергонасиченим сполукам, а також сполукам, що використовуються в харчовій промисловості, косметичних та миючих засобах.

Таким чином, знання про різноманітність нітрогеновмісних сполук і їхнє використання є фундаментом для сучасної хімії і технологій, що забезпечує розвиток науки і промисловості.

МЕТА І РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Мета дисципліни – формування у здобувачів вищої освіти компетентностей щодо синтезу неорганічних та органічних нітрогеновмісних сполук, розробки та удосконалення технологічних схем і розрахунків хімічних процесів.

Очікувані результати навчання:

- ✓ Вміти критично оцінювати наукові та практичні рішення на основі сучасних теорій хімічних процесів, обираючи найефективніші стратегії для вирішення технічних проблем.
- ✓ Використовувати отримані знання для розробки нових методів та технологій у хімічній інженерії, включаючи створення інноваційних продуктів або процесів.
- ✓ Знаходити та відбирати релевантні наукові та технічні джерела інформації (наукові статті, патенти, технічні звіти) з питань хімії і технології синтезу неорганічних та органічних нітрогеновмісних сполук, використовуючи бази даних, бібліографічні ресурси та професійні інтернет-ресурси.
- ✓ Систематизувати отриману інформацію, аналізувати її з точки зору

актуальності, достовірності та наукової цінності, а також здійснювати її критичну оцінку для подальшого використання у дослідницькій або виробничій діяльності.

- ✓ Знати особливості термінології та номенклатуру IUPAC для неорганічних та органічних нітрогеновмісних сполук для обговорення і презентації результатів професійної діяльності, досліджень та проєктів.
- ✓ Вміти аналізувати та порівнювати різні стратегії вирішення хіміко-технологічних задач, пов'язаних з виробництвом неорганічних та органічних нітрогеновмісних сполук, оцінюючи їх ефективність за економічними, екологічними та технічними критеріями.
- ✓ Ідентифікувати ключові параметри процесів виробництва неорганічних та органічних нітрогеновмісних сполук, створювати моделі для оптимізації цих процесів, обґрунтовуючи вибір моделі на основі наукових даних та досліджень.
- ✓ Використовувати передові методи досліджень для синтезу та характеристики нітрогеновмісних органічних та неорганічних речовин, забезпечуючи їх відповідність сучасним вимогам і стандартам.
- ✓ Розробляти та впроваджувати нові технічні рішення для отримання нітрогеновмісних органічних та неорганічних речовин, зокрема шляхом оптимізації хімічних процесів, зменшення енергетичних витрат та підвищення екологічної безпеки виробництва.

ПРАВИЛА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ В ХІМІЧНІЙ ЛАБОРАТОРІЇ

1. Під час проведення дослідів хімічні реактиви, необхідні для роботи, розміщують на столах, а реактиви загального користування – у витяжній шафі.
2. Після цільового використання будь-якого розчину склянку з його залишком закривають і ставлять на місце.
3. Заборонено зливати невикористаний реактив у ту саму склянку.
4. Під час виконання дослідів стежать, щоб хімічні реактиви не потрапляли на обличчя, руки, одяг.
5. Належить обережно поводитись зі скляним хімічним посудом, у тому числі з предметними та покривними стеклами, якими можна легко порізатись.
6. Робоче місце слід підтримувати в чистоті, не захарашуючи його зайвими речами.
7. Кожний студент повинен працювати на закріпленому за ним робочому місці; не допускається перехід на інше місце без дозволу викладача.
8. Забороняється працювати в лабораторії без присутності викладача або лаборанта, а також у невстановлений час без дозволу викладача.
9. Виконання лабораторної роботи студенти можуть розпочати тільки після отримання інструктажу з техніки безпеки та дозволу викладача.
10. Перед початком роботи необхідно усвідомити методику її виконання та правила безпеки.
11. Виконувати роботу потрібно акуратно, уважно, чітко дотримуватись методичних рекомендацій, раціонально використовувати відведений для дослідів час.

Лабораторна робота №1. Ароматичні аміни

Мета лабораторної роботи: дослідити хімічні реакції, що відбуваються при отриманні метиламіну, нітруванні бензолу, а також при реакціях первинних аміносполук з азотистою кислотою. Вивчити механізми цих процесів, визначити властивості отриманих сполук.

Дослід 1. Одержання метиламіну

Реактиви та матеріали: амід оцтової кислоти; хлорне вапно; натронне вапно; гашене вапно; лакмус червоний.

а) **3 амиду оцтової кислоти.** До пробірки з газовідвідною трубкою, зогнутою під прямим кутом, містять 1 г оцтової кислоти, додають 3 г суміші, склад якої: хлорне (2 г) та гашене вапно (1 г) та нагрівають. Утворений газоподібний метиламін відводять до іншої пробірки з холодною дистиляційною водою. Видалення метиламіну визначають за його характерним запахом та за синінням червоного лакмусового паперу.

Напишіть хімізм процесу.

Розчин зберігають для наступних дослідів.

б) **3 солянокислого метиламіну.** До пробірки з газовідвідною трубкою містять 1 г солянокислого метиламіну, добре змішують з подвійною кількістю натронного вапна, та суміш нагрівають.

Утворений газоподібний метиламін підпалюють біля отвору газовідвідної трубки. Метиламін добре горить на повітрі.

Якщо піднести червоний лакмусовий папір, змочений водою, до отвору газовідвідної трубки, то лакмус синіє. Паличка, змочена концентрованою соляною кислотою, обгортається димом внаслідок утворення солі з метиламіну та соляної кислоти.

Напишіть хімізм процесу.

Дослід 2. Реакція первинних аміносполук жирного ряду з азотистою кислотою (HNO_2).

Реактиви та матеріали: первинний амін; натрій азотистокислий, 10% розчин; оцтова кислота, концентрована.

У пробірці змішують 1 г солі первинного аміну з 5 мл води та 5 мл 10% розчину азотистокислого натрію. До суміші додають декілька крапель концентрованої оцтової кислоти. Спостерігають численні виділення бульбашок азоту.

Напишіть хімізм процесу.

Дослід 3 Нітрування бензолу

У пробірку до охолодженої нітрувальної суміші, яка складається з 2 см³ концентрованої сульфатної кислоти та 1 см³ концентрованої нітратної кислоти, доливають краплями при постійному збовтуванні близько 1 см³ бензолу. Після додавання всього бензолу струшування продовжують ще на декілька хвилин.

Потім вміст пробірки виливають до склянки з 10-15 см³ води. Нітробензол виділяється у вигляді важкої маслянистої рідини на дні склянки. Утворення нітробензолу виявляється за характерним для нього запахом мигдалю. Сульфатна кислота зв'язує воду, яка утворюється, що перешкоджає розбавленню нітратної кислоти. Написати рівняння реакції та дати пояснення.

Напишіть хімізм процесу.

Дослід 4. Ізонітрильна реакція з метиламіном та аніліном

Реактиви та матеріали: анілін, метиламін, гідроксид калію, спиртовий розчин, хлороформ, соляна кислота – концентрована.

Первинні аміни як жирного, так і ароматичного ряду з хлороформом у присутності лугу утворюють ізонітрили.

Напишіть хімізм процесу.

Дослід проводять паралельно з метиламіном та аніліном. До однієї пробірки наливають 0,5 мл розчину метиламіну, отриманого у досліді 1, а до іншої декілька крапель аніліну. До вмісту кожної пробірки додають по 2 мл спиртового розчину їдкого калію, 2-3 краплі хлороформу та суміш нагрівають. При цьому утворюється ізонітрил, який легко впізнати за характерним, досить неприємним запахом. По закінченню досліду ізонітрил треба зруйнувати доданням до охолодженого розчину 3-4 мл концентрованої соляної кислоти, або розбавленої 10 мл сірчаної кислоти, у присутності якої ізонітрили гідролізуються у первинні аміни.

Напишіть хімізм процесу.

Контрольні питання

1. Яка роль оцтової кислоти в одержанні метиламіну з амідів?
2. Які продукти утворюються при нітруванні бензолу, і які умови необхідні для цієї реакції?
3. Яка реакція відбувається між первинним аміном та натрієм азотисто-кислим?
4. Які властивості метиламіну дозволяють ідентифікувати його в реакції з лакмусовим папером?
5. Який механізм утворення ізонітрилів при реакції амінів з хлороформом у присутності лугу?

Лабораторна робота №2. Багатоядерні ароматичні сполуки. Барвники

Мета роботи: вивчити властивості багатоядерних ароматичних сполук, таких як барвники, на прикладі конгороту, фуксину та кристалічного фіолетового. З'ясувати їх поведінку у кислотних та лужних середовищах, дослідити реакції з кислотами та лугами, а також оцінити індикаторні властивості барвників.

Теоретичні положення

Багатоядерні ароматичні сполуки — це сполуки, що містять дві або більше ароматичні системи. Ці сполуки широко використовуються як барвники завдяки їх здатності змінювати колір під впливом кислот і лугів. Барвники, такі як конгорот, фуксин та кристалічний фіолетовий, мають специфічні кольорові реакції, що залежать від рН середовища.

Конгорот — це кислотно-основний індикатор, який змінює колір із червоного на синій під впливом кислот, і знову стає червоним у лужному середовищі. Це робить його корисним для визначення кислотності середовища.

Фуксин, що є типовим представником триарилметанових барвників, утворює солі з кислотами і демонструє зворотний гідроліз, при якому забарвлення відновлюється при додаванні води. Взаємодія з амоніаком призводить до утворення основи фуксину, яка знебарвлює розчин. Відновлення фуксину до безбарвного стану також можна досягти шляхом відновлення за допомогою цинку в присутності кислоти.

Кристалічний фіолетовий демонструє зміну кольору під дією кислот та амоніаку, що пояснюється зміною електронної структури молекули барвника. Розбавлення кислого розчину водою повертає колір до початкового стану через гідроліз солей барвника.

Дослід 1 Відношення конгорот до лугів та кислот

Декілька кристалів барвника конгорот розчиняють в 5 см³ води. До одержаного розчину додають декілька крапель концентрованої хлористоводородної кислоти. При цьому утвориться інтенсивне синє забарвлення завдяки утворенню вільної кислоти. Напишіть рівняння реакції. Якщо додати надлишок Натрій гідроксиду, то синє забарвлення перейде в яскраво-червоне. Тому конгорот використовується як індикатор кислого середовища.

Дослід 2 Властивості фуксину

Невелику кількість фуксину розчиняють у 10 см³ води і розчин ділять на три частини. До однієї частини червоного розчину фуксину додають декілька крапель концентрованої соляної кислоти. Рідина стає жовтою внаслідок утворення солі фуксину з трьома молекулами соляної кислоти. Якщо вилити цей розчин у велику кількість води, то знову з'явиться червоне забарвлення внаслідок гідролізу солі, яка утвориться. До другої частини розчину фуксину додають

надлишок амоніаку. Утворюється основа барвника, а рідина стає безбарвною. Третю частину розчину фуксину відновлюють. Для цього додають 3 см³ концентрованої соляної кислоти і додають пил Цинку. Гідроген, що виділяється, відновлює фуксин. При цьому забарвлення зникає. Дайте пояснення.

Дослід 3 Властивості барвника кристалічного фіолетового

0,01 г кристалічного фіолетового розчиняють у 10 см³ води. До розчину додають надлишок концентрованої соляної кислоти. Розчин кристалічного фіолетового стає спочатку зеленим, а потім брудно-зеленим. Одержаний розчин виливають до хімічної склянки та розбавляють водою. При цьому спостерігається зміна кольору в зворотньому напрямку. Аналогічні зміни спостерігаються під дією водного розчину амоніака.

Контрольні питання

1. Які властивості багатоядерних ароматичних сполук дозволяють використовувати їх як барвники?
2. Як змінюється забарвлення розчину конгороту під дією кислот і лугів, і чому його використовують як індикатор?
3. Поясніть процес утворення солей фуксину під дією соляної кислоти та механізм відновлення фуксину за допомогою цинку.
4. Яким чином змінюється колір розчину кристалічного фіолетового під дією соляної кислоти та як впливає розбавлення водою на забарвлення?
5. Які хімічні реакції відбуваються при взаємодії фуксину з амоніаком і чому розчин знебарвлюється?

Лабораторна робота №3. Якісні реакції на водорозчинні вітаміни

Мета роботи: визначити наявність вітамінів в біологічних об'єктах.

Теоретичні положення

Вітаміни – низькомолекулярні органічні сполуки різноманітної хімічної природи, які не синтезуються в організмі та необхідні для нормальної життєдіяльності людини й тварин у дуже маленькій кількості в порівнянні з білками, жирами та вуглеводами.

Вперше на важливу роль цих сполук показав російський вчений Н.І. Лунін. В 1881 році у дослідях на мишах він встановив, що штучно складена для них дієта з білків, жирів, вуглеводів та мінеральних солей у тієї ж пропорції, як у природному продукті – молоці, приводила мишей до загибелі, у той час як контрольна група мишей, які харчувались молоком, розвивалася нормально. Лунін Н.І. виявив, що в природних продуктах містяться якісь додаткові речовини, необхідні для нормального життя тварин. У 1912 році польський вчений Казимир Функ назвав ці речовини вітамінами – життєвими амінами.

Насьогодні відомо більш 20 різних вітамінів. Слід відмітити, що не для будь-якого організму та ж сама сполука є вітаміном. Наприклад, аскорбінова кислота є для людини та морської свинки вітаміном, оскільки не синтезується у них, а для щурів, кроликів, собак вона не є вітаміном, так як синтезується у них в тканинах.

Біологічна роль більшості вітамінів міститься у тому, що вони, являючись складовою частиною коферментів, беруть участь у ферментативних процесах. До таких коферментних вітамінів відносяться вітаміни В1, В2, В3, В6, РР, В12, фолієва кислота, біотин. Ряд вітамінів бере участь у регуляції окремих біохімічних і фізіологічних процесів, а також – у синтезі найважливіших сполук - нуклеїнових кислот, нуклеотидів (наприклад, оротова кислота – вітамін В13).

Джерелом вітамінів у людини є харчі й кишкові бактерії. Останні самі синтезують багато які вітаміни та являються важливим джерелом їхнього надходження в організм (вітаміни К, В1, В2, В3).

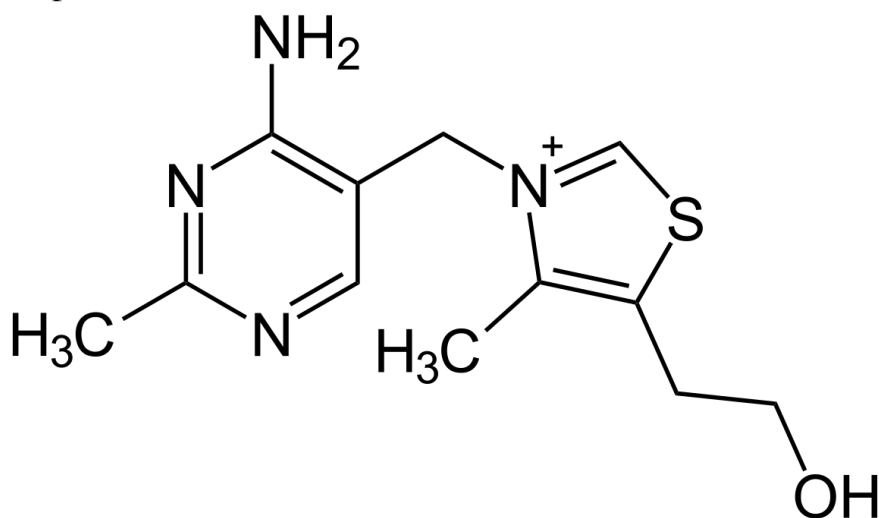
Всі вітаміни поділяються на дві групи – водорозчинні і жиророзчинні. Існує також умовний розподіл вітамінних речовин на власне вітаміни й вітаміноподібні сполуки. Останні схожі за біологічними властивостями на вітаміни, але бувають потрібні звичайно в більшій кількості.

Відсутність або недостача вітамінів у їжі призводить до розвитку захворювань вітамінної недостатності – авітамінозів (надзвичайно виражений дефіцит вітамінів) або гіповітамінозів (часткова недостача вітамінів у організмі). При відсутності в їжі вітаміну В1 розвивається захворювання бері- бері, вітаміну С – цинга, вітаміну РР – пелагра та ін. Причинами авітамінозів можуть бути не тільки недостатня кількість вітамінів у їжі та незбалансоване харчування, але й різні порушення обміну вітамінів, а також дія антивітамінів. Надлишкове накопичення у тканинах вітамінів, яке супроводжується клінічними та біохімічними ознаками порушень, називається гіпервітамінозом. Він характерний для жиророзчинних вітамінів та проявляється загальними симптомами: втрата

апетиту, розладнання моторної функції шлунково-кишкового тракту, сильні головні болі, підвищена збудливість нервової системи, випадання волосся та ін. Гіпервітаміноз може закінчитися смертельним випадком.

Дослід 1. Виявлення тіаміну в харчових продуктах.

Принцип методу: харчові продукти, які містять тіамін, при додаванні до них діазореактиву в лужному середовищі фарбуються в жовтогарячий або червоний колір внаслідок утворення складної сполуки тіаміну з діазобензолсульфокислотою.



Тіамін (вітамін B1)

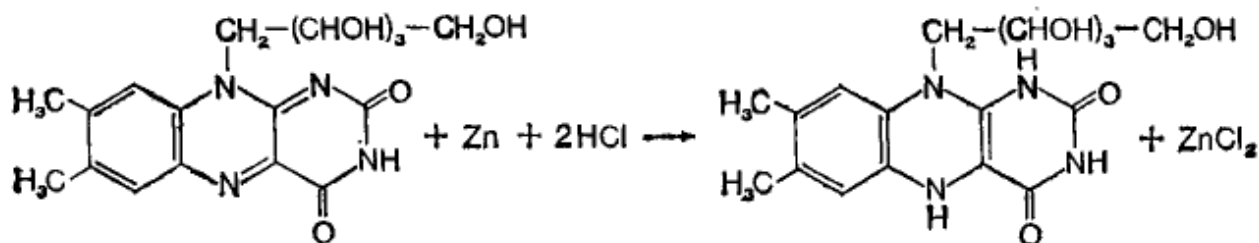
Матеріали та реактиви: висівки; пшеничне борошно; борошно з полірованого рису; 1%-ий розчин сульфанілової кислоти; 5%-ий розчин нітрату натрію; 10%-ий розчин гідрокарбонату натрію.

Обладнання: штатив з пробірками, піпетки, шпатель.

Проведення досліду: у три пробірки окремо насипають по 2-3 шпателя висівок, пшеничного борошна та борошна з полірованого рису. Додають по 5 крапель 1%-ого розчину сульфанілової кислоти, 5%-ого розчину нітрату натрію й 10%-ого розчину гідрокарбонату натрію. Вміст пробірок фарбується в жовтогаряче-червоний колір. Спостерігати забарвлення.

Дослід 2. Якісна реакція на вітамін B2 (рибофлавін)

Принцип методу: Під час змішування металічного цинку з концентрованою соляною кислотою утворюється водень, який відновлює жовтий рибофлавін спочатку на родофлавін (проміжна сполука) червоного кольору, а потім на безбарвний лейкофлавін.



Матеріали та реактиви.

Концентрована соляна кислота,

металічний цинк,

0,025 %-й розчин вітаміну В2 (суспензія рибофлавіну у воді, одна ампула).

Обладнання.

Штатив із пробірками, піпетка.

Хід роботи.

В пробірку вливають 1 мл розчину вітаміну В2, 0,5 мл концентрованої соляної кислоти й кидають грудочку металічного цинку.

Очікуваний результат.

Рідина у пробірці поступово забарвлюється в рожевий колір, а потім знебарвлюється. Під час збовтування знебарвлений розчин лейкофалівну знову окислюється киснем повітря до рибофлавіну.

Дослід 3. Якісна реакція на вітамін РР (антипелагричний вітамін)

Принцип методу: під час нагрівання вітаміну РР із розчином ацетату міді утворюється погано розчинний осад мідної солі вітаміну РР синього кольору.

Матеріали та реактиви.

Порошок вітаміну РР (або одна ампула),

10 %-й розчин оцтової кислоти,

5 %-й розчин ацетату міді.

Обладнання.

Штатив із пробірками, піпетки.

Хід роботи.

В пробірку вносять 5—10 мг вітаміну РР і розчинюють під час нагрівання в 1 - 2 мл розчину оцтової кислоти, або вміст однієї ампули вітаміну (1 мл). До нагрітого до кипіння розчину додають такий же об'єм розчину ацетату міді.

Очікуваний результат.

Рідина стає каламутною й набуває блакитного кольору, а через деякий час випадає синій осад.

Дослід 4. Якісна реакція на вітамін В6 (піридоксин)

Принцип методу: під час взаємодії піридоксину з розчином хлориду феруму рідина забарвлюється в червоний колір завдяки утворенню комплексної солі типу феноляту феруму.

Матеріали та реактиви.

Водний розчин (1 %-й) вітаміну В6,

1 %-й розчин FeCl_3 .

Обладнання.

Штатив із пробірками, піпетки.

Хід роботи.

У пробірці перемішують 1 мл водного розчину піридоксину та дві краплі розчину хлориду феруму.

Очікуваний результат.

Рідина забарвлюється в червоний колір.

Контрольні питання

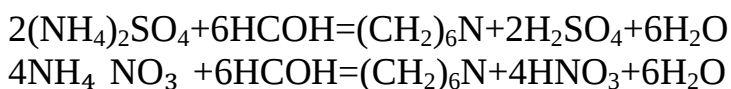
1. Яка хімічна реакція лежить в основі якісного виявлення тіаміну (вітаміну В1) у харчових продуктах, і які сполуки утворюються?
2. Який принцип роботи реакції відновлення рибофлавіну (вітамін В2) за допомогою металічного цинку та соляної кислоти?
3. Які продукти реакції утворюються при взаємодії вітаміну РР з розчином ацетату міді і як виглядає осад?
4. Які зміни спостерігаються під час реакції піридоксину (вітамін В6) з хлоридом феруму, і що є причиною такого забарвлення?
5. Чому вітаміни В1, В2, В6 і РР класифікуються як водорозчинні, і яке це має значення для їхнього функціонування в організмі?

Лабораторна робота №4. Мінеральні добрива

Мета роботи: визначити вміст азоту в азотних добривах за допомогою формальдегідного методу. Провести якісний та кількісний аналіз органічних сполук на основі гексаметилентетраміну $((\text{CH}_2)_6\text{N})$ для оцінки їхнього вмісту азоту в добривах, а також дослідити реакцію аміачних добрив з формальдегідом у нейтральному водному розчині.

Дослід 1. Визначення вмісту Нітрогену в азотних добривах формаліновим методом

Визначення Нітрогену базується на кількісному зв'язуванні аміаку формаліном в органічну сполуку гексаметилентетрамін $(\text{CH}_2)_6\text{N}$. Аміачні добрива під час взаємодії з формаліном у нейтральному водному розчині гексаметилентетрамін і мінеральну кислоту в кількості, еквівалентній вмісту аміаку в розчині добрива:



Утворену кислоту титрують лугом. За кількістю утвореної і відтитрованої кислоти визначають вміст Нітрогену в добриві.

Виготовлення розчину добрива для аналізу:

1. Візьміть наважку подрібненого добрива (аміачної селітри 2 г, амоній сульфату 5 г) і помістіть у стакан місткістю 200-250 мл і розчиніть у 50 мл дистильованої води. Розчин відфільтруйте в мірну колбу на 250 мл. Стакан кілька разів ополосніть дистильованою водою, зливаючи промивні води через фільтр у ту саму колбу. Об'єм розчину в мірній колбі доведіть дистильованою водою до мітки і добре перемішайте.
2. Фільтрат об'ємом 12,5 мл помістіть у конічну колбу місткістю 200-250 мл і нейтралізуйте за наявності двох крапель метилового червоного 0,1 н. розчином NaOH до переходу рожевого забарвлення в золотисто-червоне.
3. Додайте 10 мл 25%-го розчину формаліну в іншу колбу. Додайте до нього 2 краплі метилового червоного і теж нейтралізуйте 0,1 н. розчином NaOH, не допускаючи його надлишку.
4. Після цього розчин формаліну влийте в нейтралізований розчин добрива, що аналізується, і добре перемішайте. Чому розчин порожевіє?
5. До добутого розчину додайте дві краплі фенолфталеїну і відтитруйте кислоту, що утворилася, 0,1 н. розчином NaOH. У зв'язку з тим, що в розчині є два індикатори, під час титрування забарвлення спочатку переходить в блідо-жовте (при зміні кольору індикатору метилового червоного за $\text{pH} = 6,2$), а потім стає блідо-рожевим (за фенолфталеїном, $\text{pH} = 8,2$). Поява блідо-рожевого забарвлення свідчить про кінець титрування.

Обчислення результатів аналізу:

За кількістю лугу, витраченого на титрування досліджуваної порції розчину (12,5 мл) добрива, обчислюють вміст Нітрогену:

$$X = (A \times 0,0014 \times 20 \times 100) / H$$

де X – вміст Нітрогену в добриві, %;

A – кількість мілілітрів 0,1 н розчину NaOH, витраченого на титрування;

H – навіжка добрива, г;

0,0014 – кількість Нітрогену в грамах, що відповідає 1 мл 0,1 н розчину NaOH;

20 – коефіцієнт для перерахунку результатів на всю навіжку добрива;

100 – коефіцієнт для вираження результату у відсотках.

При аналізі аміачної селітри результат (вміст Нітрогену у відсотках) потрібно помножити на 2, оскільки визначили лише Нітроген амонію; Нітроген кислотної групи (NO_3^-) формаліновим методом не враховується.

Результати роботи запишіть у таблицю:

Назва добрива	Наважка, г	Об'єм 0,1 н розчину NaOH, витраченого на титрування	Вміст Нітрогену, %
---------------	------------	---	--------------------

Контрольні питання

1. Який принцип дії формальдегідного методу визначення азоту в добривах?
2. Які реакції відбуваються між гексаментилентетраміном і формальдегідом в процесі аналізу?
3. Як визначити еквівалентний вміст азоту в розчині добрива? Яка формула для розрахунку?
4. Яка роль металічного цинку в досліді з визначення азоту в добривах?
5. Які фактори можуть вплинути на точність результатів аналізу при використанні формальдегідного методу?

Практична робота №1. Аніні

Мета роботи: дослідити хімічні реакції аніліна, визначити умови та механізми їх протікання, а також вивчити практичні застосування отриманих продуктів. Основною метою є спостереження за реакціями аніліна з різними реагентами, вивчення результатів цих реакцій, а також отримання нових сполук і їх властивостей.

Реактиви та матеріали: анілін, водний розчин; хлорне вапно, водний розчин; хромово суміш; бромна вода; соляна кислота, 10% розчин; сірчана кислота, 10% розчин; формальдегід; оцтовий ангідрид.

1) Реакція аніліну з хлорним вапном. Водний розчин аніліну з хлорним вапном дає характерне фіолетове забарвлення. До кількох мл водного розчину додають декілька крапель профільтрованого водного розчину хлорного вапна. Спостерігають виникнення фіолетового забарвлення, яке переходить у брудно-фіолетове. Цю досить чутливу реакцію дають тільки¹ водні розчини вільного аніліну, але не його солей.

2) Реакція аніліну з хромовою сумішшю. До кількох мл водного розчину аніліну додають кілька крапель хромової суміші (суміш концентрованої сірчаної кислоти та двохромокислого натрію або калію). Внаслідок реакції окислення спостерігають появу синьо-чорного, або зелено- чорного забарвлення, яке переходить в явне чорне забарвлення. При цьому утворюється аніліновий чорний фарбник

3) Взаємодія аніліну з бромною водою. До 2-3 мл водного розчину аніліну додають по краплям бромну воду. Спостерігається зникнення забарвлення бромної води та виникнення білого нерозчинного у воді осаду триброманіліну.

Напишіть хімізм процесу:

Ця реакція знаходить широке використання при кількісному визначенні вмісту аніліну у розчині.

4) Взаємодія аніліну з мінеральними кислотами. У 2 пробірки наливають по 2-3 мл аніліну. До одної додають 10 % соляної кислоти, до іншої – 10% сірчаної кислоти.

У першій пробірці утворюється прозорий розчин солянокислого аніліну, т. я. утворена сіль добре розчинна у воді.

Напишіть хімізм процесу:

У другій пробірці випадає білий осад важкорозчинної кислої сірчаної солі аніліну.

Напишіть хімізм процесу:

5) Реакція аніліну з лігніном. Анілін з лігніном у присутності соляної кислоти дає характерне яскраво-жовте забарвлення. Лігнін входить до складу деревини та міститься у низькоякісних сортах звичайного паперу. В пробірці готують розчин солянокислого аніліну, додаючи до 1- 2 мл аніліну соляну кислоту. У розчин одержаного солянокислого аніліну опускають соснову скіпку або смужку звичайного газетного паперу. Спостерігають пожовтіння скіпки або паперу. З фільтрувальним папером забарвлення не спостерігається.

6) Реакція конденсації аніліну з формальдегідом. Анілін легко вступає до реакції конденсації з формальдегідом за звичайних умов.

Напишіть хімізм процесу:

До пробірки наливають 2-3 мл водного розчину аніліну і таку ж кількість розчину формальдегіду (формаліну). При ретельному збовтуванні спостерігається поступове утворення білого осаду – основа Шифа.

7) Реакція ацилювання. У пробірці змішують 3 мл води та 1 мл аніліну, добре перемішують, після чого додають 1 мл оцтового ангідриду та й знов збовтують. Після цього обережно нагрівають до кипіння та вміст виливають до іншої пробірки з 5-6 мл води. Спостерігається випадіння кришталевого осаду ацетаніліду.

Напишіть хімізм процесу:

Ацетанілід раніш використовувався у медицині під назвою антифебрін у якості жарознижуючого засобу, а також використовувався для синтезу білого стрептоциду, п- нітроаніліну та інших сполук.

Контрольні питання

1. Які продукти утворюються при реакції аніліна з хлорним вапном і які є ознаки цієї реакції?
2. Який механізм окислення аніліна при взаємодії з хромовою сумішшю, і які продукти формуються в результаті?
3. Які зміни спостерігаються при взаємодії аніліна з бромною водою, і як можна використовувати цю реакцію для кількісного визначення аніліна?
4. Чим відрізняється реакція аніліна з 10% соляною кислотою від реакції з 10% сірчаною кислотою?
5. Яка природа взаємодії аніліна з формальдегідом, і які сполуки утворюються в результаті цієї реакції?

Практична робота №2. Енергонасичені матеріали: характеристика та класифікація

Мета заняття: ознайомлення з різними хімічними сполуками, з яких виготовляють енергонасичені матеріали, складання аналітичних таблиць класифікації цих речовин, виконання тестових завдань.

Теоретичні положення

Енергонасичені матеріали – це джерела концентрованої енергії, що виділяється в режимі керованого горіння або детонації (вибуху). Ці матеріали становлять основу оборонного потенціалу країни. На їх базі створено всі види озброєння, у тому числі міжконтинентальні балістичні ракети. До таких матеріалів відносяться різні види пороху, твердого ракетного палива, вибухові речовини, піротехнічні суміші, гідрореагуювальні твердопаливні композиції та ін.

Для прогнозування оптимальних режимів переробки будь-яких матеріалів і виготовлення на їх основі якісних виробів необхідно вивчати комплекс *реологічних властивостей*, пов'язаних як з внутрішніми, так і зовнішніми умовами напруження, котрі впливають на ці матеріали.

Реологічні властивості матеріалів (гр. *rheos* – течія, потік і *logos* – вчення; англ. – *rheologic properties of materials*) – це сукупність характеристик, які визначають здатність матеріалу з часом змінювати напружено-деформований стан у полі дії на нього механічних сил. До основних *реологічних властивостей* належать такі: пружність, пластичність, міцність, в'язкість, повзучість, релаксація напружень. Ці властивості характеризують зміну (зростання) деформацій у матеріалі при постійному динамічному напруженні (явище повзучості) або зміну (зменшення) напружень унаслідок постійної деформації з часом (явище релаксації). Повзучість і релаксація напружень пов'язані з переходом пружних деформацій у пластичні чи незворотні. Прояви *реологічних властивостей* значною мірою залежать від природи матеріалу, вологості, структури, температури, але вирішальним фактором є рівень напруженого стану. Знання основних закономірностей змін у матеріалах дозволяє спрямовано регулювати реологічні властивості композиційних сумішей за рахунок добору їхньої рецептури.

Способи виготовлення енергонасичених матеріалів, зокрема пороху (паливних мас), розробляють з урахуванням їх *реологічних властивостей*. Вони являють собою полімерні композиційні матеріали, у виробництві яких використовують різні високомолекулярні сполуки (пластифіковані ефіри, целюлозу, каучуки та інші полімери), а також різноманітні наповнювачі. Отже, їхні властивості залежать від різних закономірностей, характерних для деформації полімерів, тому вони можуть набувати як високоеластичного, так і в'язкоплинного (незворотного) стану.

Енергонасичені матеріали, зокрема вибухові речовини (ВР), можуть бути класифіковані за цілим рядом ознак: фізичний стан, хімічний склад, галузь або умови використання, механічний стан, характер впливу на довкілля (рис. 2).

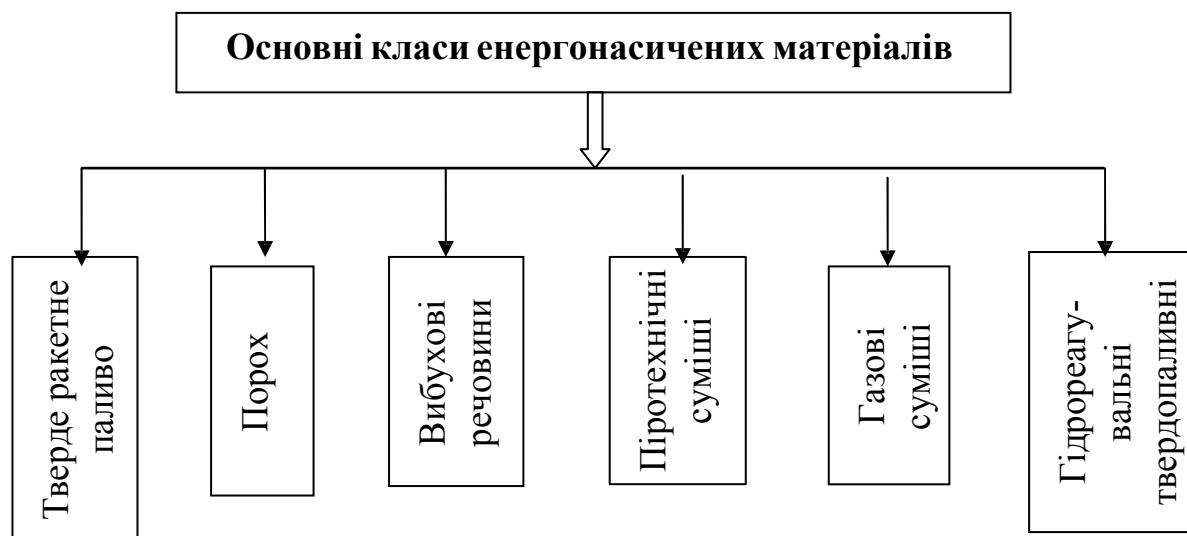


Рис. 2. Поділ енергонасичених матеріалів на класи

З погляду хімії особлива увага приділяється класифікації ВР за хімічним складом, де всі вони поділяються на два основних класи: вибухові хімічні сполуки та вибухові суміші (табл. 2).

Крім того, ефективність дії вибухових речовин характеризується показником *бризантності*, що зумовлений дією продуктів детонації.

Бризантність (нем. *brisant*, від фр. *briser* «ламати», «розбивати») – це здатність ВР під час вибуху локально подрібнювати та пробивати середовища, прилеглі до заряду.

Бризантні вибухові речовини за хімічним складом поділяються на окремі хімічні сполуки та вибухові суміші.

Таблиця 2 – Основні класи бризантних вибухових речовин та їх групи за хімічним складом

Групи ВР	Окремі вибухові хімічні сполуки	Вибухові суміші
1	Азотнокислі ефіри спиртів: нітрогліцерин – $C_3H_5(ONO_2)_3$; нітроглицоль – $C_2H_4(ONO_2)_3$; пентаеритрит (тетранітрат або тен) $C_5H_8(ONO_2)_4$	Аміачно-селітрові (у їх складі аміачна селітра, нітросполуки, невибухові горючі тверді речовини) – амоніти, динамони, ігданіти

2	Азотнокислі ефіри целюлози: (колодійна бавовна як складова частина динамітів) – $C_{24}H_{31}O_{11}(ONO_2)_3$	Нітрогліцеринові ВР (містять аміачну селітру, змішану з дизельним паливом) – динаміти й низькопроцентні нітрогліцеринові ВР
3	Нітросполуки: тротил – $C_6H_2(ONO_2)_3CH_3$; динітронафталін – $C_{10}H_6(ONO_2)_2$; пікринова кислота – $C_6H_2(ONO_2)_3OH$	Нітропохідні ароматичного ряду (найбільш поширений тротил)
4	Солі нітратної кислоти: аміачна селітра – NH_4NO_3	Оксиліквіти (включають твердий горючий поглинач, змішаний з рідким киснем)
5	Солі нітридної кислоти: азид свинцю – $Pb(N_3)_2$	Хлоратні (містять солі хлорнуватої чи хлорної кислот, змішані з нітросполуками та з іншими твердими або рідкими добавками); мають високу бризантність
6	Солі гримучої кислоти, зокрема гримуча ртуть $Hg(CNO)_2$	Чорний (димний) порошок (включає калійну селітру, змішану з сіркою та деревним вугіллям)

До першого класу бризантних речовин належать різні хімічні сполуки, наприклад, тринітротолуол (тротил, тол), нітрогліцерин, піроксилін та ін. Другий клас включає всі ВР, що утворюють систему, складену з двох або декількох сполук вибухових чи невибухових, хімічно не зв'язаних між собою. До цього класу належать динаміти, амоніти, оксиліквіти, динамони та інші відомі у гірництві вибухові речовини.

Вивчення реакції вибухового перетворення має дві мети. По-перше, знаючи початковий і кінцевий стан вибухової системи, можна визначити кількість енергії, що виділяється, а по-друге, за цим показником оцінити очікувану дію вибуху.

Здатність окремих вибухових хімічних сполук до вибуху зумовлена наявністю в їхніх молекулах нітрогруп (азоту, зв'язаного з киснем), що перебувають у певному співвідношенні з числом атомів горючих елементів (вуглецю та водню). Це співвідношення має забезпечувати мінімально необхідний кисневий баланс для появи в речовині вибухової активності.

Кисневий баланс – це відношення маси надлишку чи нестачі кисню у вибуховій речовині, необхідне для повного окиснення горючих елементів до молярної маси ВР, тобто

$$K_{\bar{O}} = \frac{m_K}{M_{BP}} \cdot 100 \%,$$

де m_K – маса кисню у ВР, г; M_{BP} – молярная маса ВР, г/моль.

Виявлення *кисневого балансу* вибухових речовин має велике практичне значення в оцінюванні їхньої активності. Так, за нульового кисневого балансу вони вибухають з максимальним виділенням енергії. Крім того, при нестачі кисню утворюється значна кількість тих чи інших отруйних газів (СО), а хімічна реакція відбувається з меншим виділенням енергії.

Тестові завдання для самоперевірки

Із наведених нижче варіантів відповідей для завдань (1–9) вибрати один правильний.

1. Які з матеріалів можна віднести до енергонасичених?

- а) Паливні матеріали, які використовують для нагрівання середовища, для перетворення одного виду енергії в інший;
- б) хімічні системи, які під впливом певного імпульсу викликають розвиток високого тиску та нагрівання середовища;
- в) джерела концентрованої енергії, що виділяється в режимі керованого горіння або детонації.

2. Які властивості енергонасичених матеріалів відносять до реологічних?

- а) Комплекс властивостей матеріалу, пов'язаних з фізико-хімічною взаємодією між його окремими елементами;
- б) сукупність властивостей матеріалу, що визначають його здатність з часом змінювати напружено-деформований стан у полі дії механічних сил;
- в) властивості композиційних матеріалів, які виникають за рахунок зміни їх рецептури, температурних умов середовища.

3. Які види полімерів застосовують у виробництві енергонасичених матеріалів?

- а) Природні високомолекулярні сполуки: целюлоза, колоїдна бавовна, каучук, а також торф, деревне вугілля, пробкове борошно та ін.;
- б) синтетичні високомолекулярні сполуки, серед яких пластифіковані ефіри, синтетичні полімери (каучуки, купрен на основі ацетилену) та ін.;
- в) різні високомолекулярні сполуки, зокрема природні полімери (целюлоза, каучук), синтетичні полімери (пластифіковані ефіри, каучуки, купрен на основі ацетилену) та ін.

4. Що таке бризантність вибухових речовин?

- а) Це міра здатності ВР до детонації середовища, у якому відбувається вибух;
- б) це міра здатності ВР під час вибуху локально подрібнювати та пробивати середовища, прилеглі до їхнього заряду;
- в) це їхня здатність деформувати середовище, у якому відбувається вибух.

5. Чим відрізняються окремі вибухові хімічні сполуки від вибухових сумішей?

- а) Кількістю складових компонентів;
- б) кількістю, природою складових компонентів та їх співвідношенням;
- в) кількістю, природою складових компонентів, хімічним зв'язком між ними.

6. Від чого залежить кисневий баланс ВР?

- а) Від маси надлишку кисню у вибуховій речовині, необхідної для окиснення горючих елементів, та від маси ВР;
- б) від маси надлишку чи нестачі кисню у вибуховій речовині, що необхідна для повного окиснення горючих елементів до молярної маси ВР;
- в) від маси нестачі кисню у вибуховій речовині, що необхідна для окиснення горючих елементів до маси ВР.

7. У чому полягає практичне значення розрахунку кисневого балансу ВР?

- а) Кисневий баланс впливає на процес виділення газів у довкілля;
- б) кисневий баланс сприяє підвищенню сили вибуху;
- в) речовини, характерні нульовим кисневим балансом, вибухають з максимальним виділенням енергії.

8. Яку роль у складі вибухових сумішей відіграє невибуховий компонент?

- а) Розпушувача і стабілізатора;
- б) твердого горючого поглинача;
- в) пластифікатора і терморегулятора.

9. Чим зумовлені вибухові властивості хімічних сполук?

- а) Наявністю в їхніх молекулах нітрогруп;
- б) певним співвідношенням атомів горючих елементів (вуглецю та водню) у складі їхніх молекул;
- в) певним співвідношенням нітрогруп та атомів горючих елементів у складі їхніх молекул.

10. Встановити відповідність між ВР та їх належністю до групи за хімічним складом.

- | | |
|-----------------------|--------------------------------|
| а) Азид свинцю; | 2. азотнокислі ефіри целюлози; |
| б) пікринова кислота; | 1. азотнокислі ефіри спиртів; |
| в) нітрогіколь; | 3. нітросполуки; |
| г) нітрогліцерин; | 4. солі нітридної кислоти. |

Практична робота №3. Сировина для виробництва енергонасичених матеріалів

Мета заняття: ознайомлення з сировинною базою для виготовлення енергонасичених матеріалів (бризантних вибухових речовин).

Теоретичні положення

Вихідною сировиною для синтезу бризантних вибухових речовин з огляду на їхню хімічну природу є органічні сполуки: ароматичні вуглеводні (бензол, толуол, ксилол, нафталін, фенол, резорцин, крезол); аліфатичні вуглеводні (метан, етан); ненасичені вуглеводні (ацетилен); аліфатичні спирти (гліцерин, гліколь, пентаеритрит); альдегіди; вуглеводи (целюлоза); ароматичні й аліфатичні аміни (диметиланілін, гексаметилентетрамін, етилендіамін, гуанідин та ін.); аміноспирти (діетаноламін) та ін. (див. рис. 1).

Найбільш доступна сировина для виготовлення ВР – це продукти переробки кам'яного вугілля, а також виготовлені за допомогою нафтохімічного та основного органічного синтезу. До них відносяться аліфатичні й ароматичні вуглеводні, поліспирти, аміни, кислоти. Таким чином, масштаби виробництва і вартість зазначеної сировини залежать не тільки від природних запасів нафти і кам'яного вугілля, але й від рівня розвитку хімічної промисловості.

Останнім часом, дослідження нафтохімії та органічного синтезу сприяли розширенню сировинної бази для виробництва більшості ВР. Наприклад, завдяки застосуванню риформінг-процесу основним джерелом толуолу й ксилолу стала нафта, а раніше сировину для них давала тільки коксохімічна промисловість.

Було освоєно технологію промислового синтезу сировини для ВР на основі аліфатичних сполук. Так, шляхом прямого окиснення метану синтезують формальдегід, необхідний у виробництві уротропіну і пентаеритриту – сировини для гексогену, октогену і тену; за допомогою піролізу метану виготовляють ацетилен, який слугує для виробництва напівпродукту ВР – тринітрометану. Оцтову кислоту й оцтовий ангідрид – сировину для виробництва гексогену й октогену, синтезують з етилену й ацетилену. Досить доступним став гліцерин, отриманий із пропілену через аліловий спирт, – речовина для синтезу нітрогліцерину.

Крім органічних речовин, у виробництві ВР застосовують мінеральні. Це переважно азотна й сульфатна кислоти, торид бору та ін.

При розробці або удосконаленні методів синтезу нових ВР необхідно оцінювати можливі ризики, аби знизити рівень шкідливого впливу процесів їх виготовлення на довкілля, мінімізувати відходи, передбачити схеми їх спрямованої утилізації, знизити собівартість продукту тощо.

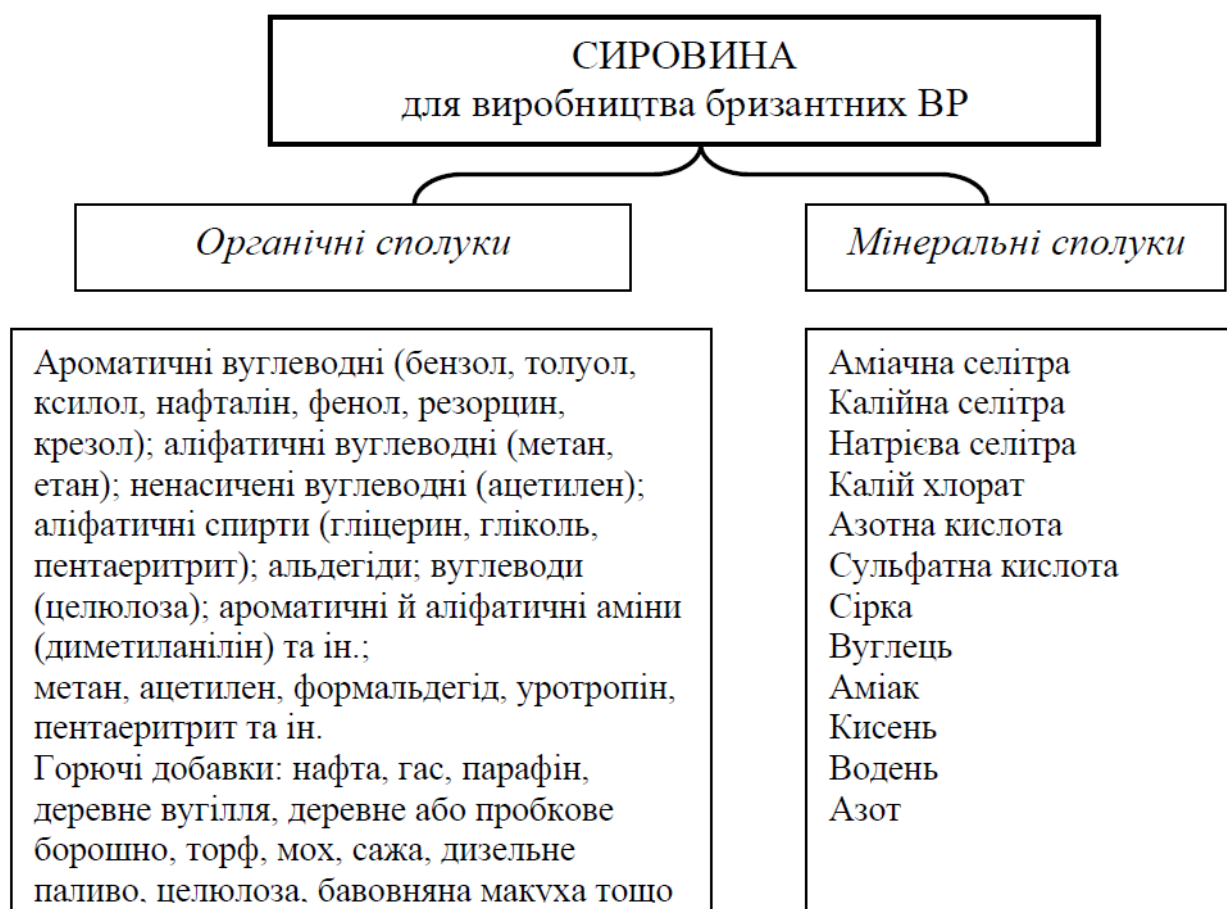


Рис. 1. Основні види сировини для виготовлення ВР

Завдання для самоперевірки

Проаналізувати склад шести різних груп ВР за поданою нижче формою (приклад аналізу див. у табл. 1).

Таблиця 3 – Особливості складових сировинних компонентів ВР

Сировинні речовини	Функції складових компонентів		Назва ВР
	Джерело атомів горючих елементів (вуглецю та водню)	Джерело нітрогруп (азоту, зв'язаного з киснем)	
1. Аміак, азотна кислота; вуглецевмісні сполуки	Деревне борошно, торф	Аміачна селітра	Динамони
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			

Контрольні питання

1. Які види речовин і матеріалів становлять сировинну базу виробництва бризантних ВР?
2. З якою метою в технологіях виробництва енергонасичених матеріалів використовують мінеральні кислоти?
3. Чому для синтезу ВР застосовують селітри?
4. Яку роль відіграють целюлозні матеріали в складі вибухових сумішей?
5. На основі якої нітрсполуки виготовлено динаміт?
6. Джерелом яких елементів, каталізаторів вибухових реакцій, є нафта?
7. Які полімерні матеріали слугують сировиною для виробництва ВР?
8. Для синтезу яких ВР використовують оцтову кислоту?
9. На основі якої сировини виготовляють тротил?
10. Назвіть сировинні ресурси для виробництва хлоратних ВР.

Практична робота №4. Хіміко-технологічний процес виробництва енергонасичених матеріалів: схеми та розрахунки.

Мета заняття: ознайомлення з принципами складання технологічних схем виготовлення енергонасичених матеріалів (бризантних вибухових речовин).

Теоретичні положення

В основі сучасних технологій виробництва бризантних вибухових речовин лежить хімічний синтез. Відповідно до режиму перебігу він може реалізовуватись періодичним або безперервним способом.

Реалізацію технологічного процесу виготовлення ВР можна подати у вигляді узагальненої типової принципової схеми (рис. 1).

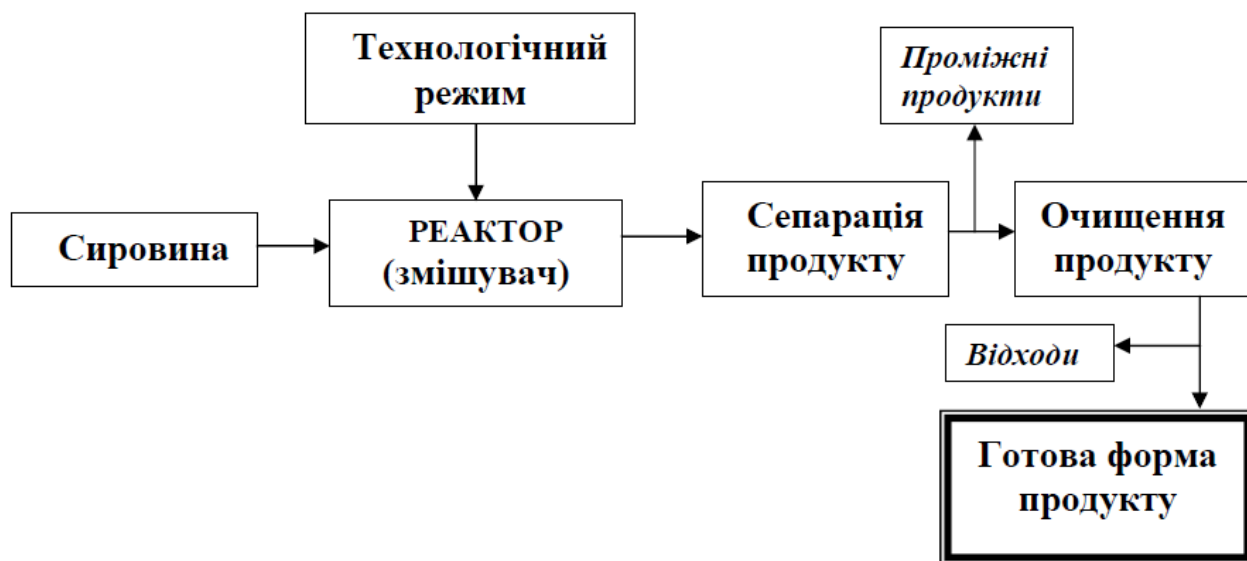


Рис. 1. Блок-схема типового технологічного процесу виробництва ВР

Технології синтезу можуть відрізнятися використанням сировинних речовин, кількістю виробничих стадій та параметрами їх режимів. Протягом кожної технологічної стадії сировина послідовно набуває форми готового продукту через утворення проміжних речовин.

Керуючись схемою технологічного процесу, складають його матеріальний баланс відповідно до кожної стадії, розраховують кількісні переміщення матеріальних потоків, оцінюють технологічну, економічну та екологічну ефективність певної хімічної технології.

Завдання для самоперевірки

Охарактеризувати технологічні процеси виготовлення ВР за поданою нижче формою (приклад характеристики див. у табл. 1).

Таблиця 1 – Особливості технологічних процесів виготовлення ВР

Види реакторів для виготовлення ВР	Тип процесу за режимом технології, сировина	Галузі застосування технології ВР
1. Апарат-змішувач	Періодичний спосіб; ВР, пластичний полімерний матеріал, стабілізуювальні добавки	Виробництво твердого ракетного палива
2.		
3.		

Контрольні питання

1. Опишіть типову схему технологічного процесу виготовлення ВР.
2. Які види реакторів застосовують для синтезу ВР?
3. Які переваги мають безперервні способи нітрування толуолу?
4. Суміш яких мінеральних кислот використовується для нітрування органічної сировини?
5. Технологія синтезу якої групи ВР базується на реакції етерифікації?
6. Чому в технологічних процесах синтезу ВР шляхом нітрування передбачено стадію промивання нітропродукту?
7. З якою метою і за допомогою яких пристроїв у нітраторах відбувається механічне перемішування реакційної маси?
8. Чому в реакторі нітрування толуолу передбачено режим охолодження нітропродукту і який пристрій при цьому застосовують?
9. За якими ознаками ВР відносять до класу енергонасичених матеріалів?
10. Які заходи безпеки використовують у технологіях виготовлення ВР?

Практична робота №5. Нітрогеновмісні харчові добавки

Мета роботи: ознайомитися з основними класами нітрогеновмісних сполук, що використовуються в харчовій промисловості, і виконати розрахунок кількості нітрогену в харчовій добавці для визначення її складу.

Обладнання та матеріали: ваги, глутамат натрію.

Теоретичні положення

У харчовій технології використовуються різні нітрогеновмісні сполуки, які забезпечують функціональність продуктів харчування, їхню стабільність, поліпшення якості, а також харчову та біологічну цінність. Розглянемо основні класи таких сполук:

1. Аміни (первинні, вторинні, третинні аміни).

Аміни використовуються як харчові добавки для збереження якості продуктів і їхньої свіжості. Прикладом є *етиламін* та *метиламін*. Вони допомагають зберігати текстуру продукту, запобігати його окисленню та розвитку небажаних мікроорганізмів.

2. Нітрати і нітрити

Використовуються як консерванти і стабілізатори кольору, особливо в м'ясній промисловості. Нітрити, такі як *нітрит натрію* (NaNO_2), зберігають червоний колір м'ясних продуктів і запобігають розвитку патогенних бактерій, наприклад, *Clostridium botulinum*.

3. Аміносполуки

До цієї категорії належать такі важливі речовини, як *глутамат натрію* ($\text{C}_5\text{H}_8\text{NO}_4\text{Na}$), що є підсилювачем смаку. Він покращує смакові властивості продуктів, підсилюючи їхню природну ароматичність.

4. Азотвмісні кислоти та їхні солі

Найчастіше використовується *лимонна кислота* та її солі, які діють як регулятори кислотності й антиоксиданти. Вони також впливають на смакові властивості та текстуру продуктів.

5. Білки та їхні гідролізати.

До білкових сполук належать пептиди й амінокислоти, які покращують харчову цінність продуктів. Білкові гідролізати часто використовуються у виробництві дитячого харчування.

• Завдання

1. Розрахунок кількості азоту в харчовій добавці (глутамат натрію)
Використовуючи хімічну формулу *глутамату натрію* ($\text{C}_5\text{H}_8\text{NO}_4\text{Na}$), визначте масову частку азоту в 1 г добавки.

2. Проведіть розрахунок відповідно до наступного алгоритму:

- Визначте молекулярну масу глутамату натрію.
- Обчисліть масу атома азоту в 1 молекулі добавки.
- Знайдіть масову частку азоту в речовині.
- Визначте кількість азоту в 1 г глутамату натрію.

Практична робота №6. Алкалоїди

Мета роботи: ознайомлення студентів із основними класами алкалоїдів, їхніми джерелами, хімічними властивостями, а також принципами їх виділення та аналізу. Засвоєння знань про застосування алкалоїдів у фармацевтичній і харчовій промисловості. Розрахунок концентрації активної речовини в досліджуваному зразку алкалоїду.

Теоретичні положення

Визначення та класифікація алкалоїдів

Алкалоїди — це природні органічні сполуки, що містять нітроген і мають високу біологічну активність. Вони зустрічаються переважно в рослинах і є продуктами вторинного метаболізму. Алкалоїди мають різну хімічну будову та здатні проявляти сильну фармакологічну дію, тому широко використовуються в медицині.

Алкалоїди класифікують за кількома ознаками:

- За хімічною будовою: піридинові, піролідинові, хінолінові, індольні, ізохінолінові тощо.
- За біологічною активністю: стимулятори ЦНС, кардіостимулятори, судинорозширювальні, знеболювальні, протималярійні тощо.

Джерела алкалоїдів

Основними джерелами алкалоїдів є різні рослини:

- *Хінін* виділяється з кори хінного дерева (*Cinchona*),
- *Морфін* — з маку (*Papaver somniferum*),
- *Кофеїн* — з кавових бобів (*Coffea arabica*) і чаю (*Camellia sinensis*).

Алкалоїди також можуть міститися в тваринах і грибах, хоча ці джерела зустрічаються рідше.

Структурні особливості

Алкалоїди містять гетероциклічну структуру з нітрогеном, що надає їм основні властивості. Вони зазвичай являють собою слабкі основи, здатні до утворення солей з кислотами. Завдяки присутності гетероатома нітрогену, вони легко взаємодіють з біологічними рецепторами в організмі.

Застосування алкалоїдів

- *Медицина:* Алкалоїди широко застосовуються у фармацевтичних препаратах як анальгетики, седативні засоби, стимулятори серцево-судинної системи та інші.
- *Харчова промисловість:* Алкалоїди, такі як кофеїн і теобромін, використовуються в напоях, шоколаді та енергетичних продуктах.

Виділення та аналіз алкалоїдів

Процес виділення алкалоїдів із рослинної сировини зазвичай складається з наступних етапів:

- *Екстракція:* Алкалоїди екстрагують з допомогою органічних розчинників, таких як етанол або метанол.
- *Очистка:* Алкалоїди осаджують за допомогою кислот або лугів.
- *Аналіз:* Для кількісного та якісного аналізу використовують методи хроматографії, УФ-спектроскопії та титрування.

Практична частина

- Завдання 1. Виділення та кількісний аналіз алкалоїду
- 1. Реактиви та обладнання:
 - Чайні листя,
 - Дистильована вода,
 - Етанол,
 - Луг (NaOH),
 - Діетиловий ефір,
 - Ваги, колби, фільтри, піпетки.
- 2. Опис процесу:
 - Подрібнені чайні листя помістити в колбу, додати дистильовану воду та прокип'ятити на водяній бані.
 - Після охолодження екстракту додати луг (NaOH) для нейтралізації кислот.
 - Додати діетиловий ефір для екстракції кофеїну. Відокремити органічний шар, випарити ефір і отримати кристали кофеїну.
- Завдання 2. Розрахунок концентрації кофеїну в екстракті
- 1. Зважте отриману кількість кофеїну після випарювання ефіру.
- 2. Розрахуйте концентрацію кофеїну в розчині за формулою:

Контрольні питання

1. Які класифікації алкалоїдів вам відомі?
2. Які методи виділення алкалоїдів застосовуються в промисловості?
3. Як відбувається аналіз алкалоїдів методом хроматографії?
4. Які особливості хімічної структури визначають біологічну активність алкалоїдів?

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

Оцінювання навчальних досягнень студентів НТУ «ДП» здійснюється за рейтинговою (100-бальною) та інституційною шкалами (табл. 1).

Таблиця 1 – Шкала оцінювання курсового проєкту

Рейтингова	Інституційна
90–100	відмінно / Excellent
74–89	добре / Good
60–73	задовільно / Satisfactory
0–59	незадовільно / Fail

Робота оцінюється на **відмінно** (90–100): якщо студент використав відповідні джерела інформації, виявивши достатній обсяг знань і вмінь у якісному й повному висвітленні змісту лабораторних та практичних робіт, завдання виконано ретельно й самостійно, матеріал викладено в логічній послідовності, продемонстровано точність і чіткість мови, відсутні мовні помилки різного роду, а власні висновки студента відповідають темі завдання.

Робота оцінюється на оцінку **добре** (74–89) якщо студент показав достатній обсяг знань і вмінь у самостійному виконанні лабораторних та практичних робіт відповідно до навчальної програми, але при цьому в тексті роботи було зафіксовано лексичні огріхи, нечіткість мови.

Робота оцінюється на **задовільно** (60–73): коли в поданому студентом матеріалі виконання лабораторних та практичних робіт виявлено суттєві змістові й лексичні огріхи, зафіксовано помилки різного роду, але студент виконав розрахунки і виявив знання й уміння в межах навчальної програми без достатнього їх логіко-аналітичного осмислення.

ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Зіменковський Б.С., Музиченко В.А., Ніженковська І.В. Біологічна та біоорганічна хімія. Том І: – Київ: Медицина, 2014. –398 с.
2. Технологія зв'язаного азоту і хімічних добрив: технологія і алгоритми розрахунків виробництва нітратної кислоти. Навч. посіб. для студ. 291 спец. 161 Хімічні технології та інженерія / Уклад.: А.Л. Концевой. – Київ: НТУУ «КПІ», 2016. – 218 с.
3. Біологічна і біоорганічна хімія: у 2 книгах. Книга 1. Біоорганічна хімія: підручник / Б.С. Зіменковський, В.А. Музиченко, І.В. Ніженковська та ін. – 3-є видання, 2020. –272 с.
4. Державна фармакопея України. – 2-е видання (ДФУ 2.0). – Харків, 2016.
5. Ніжник Г.П. Фармацевтична хімія: підручник. – Київ: Медицина, 2015.
6. Технологія зв'язаного нітрогену. Синтез і відновлення оксиду динітрогену : монографія / Авт. кол. ; під ред. В. Г. Созонтова. – Сєверодонецьк: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2019. – 252 с.
7. Мороз І.А., Гулай О.І., Шемет В.Я. Харчова хімія: навчальний посібник. Луцьк: ІВВ ЛНТУ, 2022. 236 с.
8. Волошин М.Д. Технологія неорганічних речовин. Частина 3. Мінеральні добрива : навчальний посібник / М. Д. Волошин, Я. М. Черненко, А.В. Іванченко, М. А. Олійник. – Дніпродзержинськ : ДДТУ, 2016. – 354 с.
9. Мітрясова О.П. Органічна хімія. – Київ: Кондор, 2018. – 412 с.
10. Андріюк Л., Зав'ялова О., Федяєва С., Яцюк В., Ломейко С., Глебова Є. Вибрані питання нутріціології: навчальний посібник. Львів-Дрогобич: Коло, 2015. – 118 с.
11. Фармацевтична броматологія : навч. посіб.для студ. вищ. навч. закл. / В.А. Георгіянц, П.О. Безуглий, Н.В. Попова та ін. ; за заг. ред. В.А. Георгіянц. — Харків: НФаУ Золотісторінки, 2017. – 416 с.
12. Воронов С. А., Дончак В. А., Когут А. М. Органічна хімія : підручник. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2021. 488 с.
13. Яворський В. Т. Загальна хімічна технологія / В. Т. Яворський, Т. В. Перекупко, З. О. Знак, Л. В. Савчук. — Львів : НУ «Львівська політехніка», 2014. – 540 с.

Навчальне видання

Овчаренко Аліна Олександрівна
Светкіна Олена Юріївна
Коверя Андрій Сергійович
Пантелєєва Ольга Сергіївна
Тарасова Ганна Володимирівна
Черданцева Ксенія Олександрівна

ХІМІЯ І ТЕХНОЛОГІЯ СИНТЕЗУ НЕОРГАНІЧНИХ ТА ОРГАНІЧНИХ НІТРОГЕНОВМІСНИХ СПОЛУК

Методичні рекомендації до виконання лабораторних і практичних робіт
для здобувачів ступеня магістра
зі спеціальності G1 Хімічні технології та інженерія

Видано в авторській редакції.

Електронний ресурс.
Підписано до видання 09.12.2025. Авт. арк. 2,45.

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка».
49005, м. Дніпро, просп. Дмитра Яворницького, 19.