

УДК 378.16: 547

DOI [HTTPS://DOI.ORG/10.33989/2075-146X.2024.33.310083](https://doi.org/10.33989/2075-146X.2024.33.310083)

ГАННА ТКАЧУК

ORCID: 0000-0003-3502-0557

Хмельницький національний університет

МЕТОДИКА НАВЧАННЯ ОРГАНІЧНОЇ ХІМІЇ ХІМІКІВ-ТЕХНОЛОГІВ У КЛАСИЧНОМУ УНІВЕРСИТЕТІ

Представлена концепція методики навчання органічної хімії (ОХ) у класичних університетах, яка спирається на технологію учіння, засновану на психолого-педагогічних засадах сьогодення. При системному підході у ній були розроблені теоретичні і методичні особливості навчання ОХ хіміків-технологів: показано, що ОХ є наукою, у якій найвагомніше місце посеред інших галузей хімії посідає специфічна мова хімічних символів; в ОХ, завдяки найбільшій кількості органічних речовин – предмету цієї науки, хімічна мова, тобто номенклатура цих сполук, є чи не найскладнішою; успішне засвоєння ОХ неможливе без сучасних теорій будови та реакційної здатності органічних сполук, а також без пояснення механізмів хімічних реакцій; трансформація теоретичної інформації в розвинені вміння і навички проходить в результаті виконання лабораторного практикуму (ЛП) з ОХ; процес навчання ОХ у класичному університеті при системному підході корелює із елементами технології учіння (Ткачук, 2020а, Ткачук, 2020б). Представлені у цій статті дослідження стосуються створення методичних і теоретичних засад навчання ОХ в класичному університеті для підготовки здобувачів ОПП 161 Хімічні технології та інженерія. Результати таких досліджень можуть бути корисними для розробки навчально-методичного комплексу (НМК) з дисципліни для бакалаврів як хімічних, так і нехімічних спеціальностей.

Ключові слова: вища освіта, органічна хімія, класичний університет, учіння, технології учіння, підготовка хіміків-технологів

Стратегія розвитку вищої освіти в Україні на 2022-2032 роки передбачає «забезпечення якісної освітньо-наукової діяльності, конкурентоспроможної вищої освіти, яка є доступною для різних груп населення. Для досягнення ... цілі ... передбачено виконання таких завдань: ... сприяння використанню інноваційних технологій і новітніх засобів навчання в освітньому процесі, розвиток дослідницьких інфраструктур». Завдання розвитку теоретичних та методичних засад викладання хімічних дисциплін у класичних університетах є одним з напрямків цієї стратегії. Природничі дисципліни, які забезпечують підготовку інженерів-хіміків-технологів, являють собою невід'ємну та одну з головних ланок процесу навчання і формування фахівців цієї галузі.

У цій праці представлена концепція методики навчання органічної хімії (ОХ) у класичних університетах, яка спирається на технологію учіння, засновану на психолого-педагогічних засадах сьогодення (Ткачук, 2020а). У попередніх працях були розглянуті організаційно-методичні та психологічні засади виникнення спонтанного інтересу здобувачів у процесі навчання, особливості організації навчального процесу і самостійної роботи студентів, технології учіння, співвідношення між викладанням та навчанням, впровадження цих технологій у навчально-методичні комплекси з навчальних дисциплін. Автором було розглянуто сучасний навчальний посібник і збірник задач як невід'ємні елементи НМК, а також роль лабораторного практикуму з дисципліни; також були розглянуті методичні засади навчання загальної та аналітичної хімії у вишах. Ця стаття є логічним продовженням попередніх і присвячена важливому обов'язковому компоненту освітньої програми (ОП) – ОХ. Матеріал статті спирається в т.ч на навчально-методичні розробки автора. ОХ вивчається після загальної й неорганічної, а також аналітичної хімії. Більшість хіміко-технологічних процесів, пов'язаних з майбутньою професійною діяльністю хіміків-технологів в той чи інший спосіб пов'язані з органічними речовинами чи з матеріалами, що містять органічні речовини, тому успішність опанування здобувачами цієї навчальної дисципліни не викликає жодного сумніву.

Метою статті є теоретичне і методичне обґрунтування особливостей навчання ОХ хіміків-технологів у класичному університеті. Для досягнення зазначеної мети потрібно виконати наступні завдання: створення навчально-методичних основ організації процесу навчання ОХ з урахуванням реалізації Стратегії розвитку вищої освіти в Україні на 2022-2032 роки.

Сучасна хіміко-технологічна освіта передбачає в освітньо-професійній програмі бакалаврів 161 «Хімічні технології та інженерія» серед обов'язкових компонентів професійної підготовки цілу низку хімічних дисциплін, таких, як «Загальна та неорганічна хімія», «Органічна хімія», «Аналітична хімія»,

«Фізична та колоїдна хімія» та «Фізико-хімія високомолекулярних сполук», вивчення яких дає змогу отримати потужну природничу підготовку при проектуванні хіміко-технологічних процесів (*Proiektna hrupa, 2023*).

Оскільки зараз відомо понад десять мільйонів органічних сполук на відміну від неорганічних, яких налічують лише понад сімсот тисяч, важливість вивчення органічної хімії у класичному університеті важко переоцінити. Органічна хімія посідає серед природничих наук провідне місце не лише тому, що її сполуки лежать в основі життя, але й тому, що завдяки органічним речовинам людина одержує для задоволення власних потреб і розвитку пальне, гуму, мийні засоби, лаки, фарби, ліки, одяг, взуття та багато інших речей.

Органічна хімія є хімією вуглеводнів та їхніх похідних, а також елементів -органогенів – кисню, азоту, сірки, галогенів, фосфору. Предмет органічної хімії – це встановлення порядку сполучення атомів у молекулі, їхнього просторового розташування, взаємного впливу та реакційної здатності.

Із органічної хімії розвинулися самостійні науки, такі як хімія гетероциклів, хімія високомолекулярних сполук, біоорганічна хімія, фізична органічна хімія, квантова органічна хімія тощо. Органічна хімія створила науково-теоретичний фундамент для розвитку цілої низки галузей промисловості: нафтової, газової, коксохімічної, текстильної, фармацевтичної.

Навчальна дисципліна – органічна хімія є обов'язковим компонентом професійної і практичної підготовки за ОПП 161 «Хімічні технології та інженерія» і вивчається протягом 3 семестру, має обсяг 5 кредитів ECTS.

Мета дисципліни ОХ у підготовці сучасного інженера-хіміка-технолога полягає у формуванні теоретичного та практичного рівня знань, необхідних для опанування спеціальних предметів, де використовуються органічні речовини, їхній аналіз, синтез, переробка; у розумінні будови та властивостей органічних речовин як основи для ґрунтовного творчого мислення, яке спонукає до розв'язання новітніх проблем хімічної та біоінженерії (2023).

Завданням дисципліни є формування на основі сучасних наукових досягнень розуміння закономірностей хімічної поведінки органічних сполук у відповідності до їхньої будови; формування вмінь оперувати хімічними формулами органічних сполук, виділяти в молекулах реакційні центри і визначати їхню потенційну реакційну здатність, що проявляється у різних умовах та середовищах, а також пропонувати шляхи встановлення будови органічних речовин з використанням хімічних інструментальних методів.

Вивченню ОХ передують загальна та неорганічна хімія.

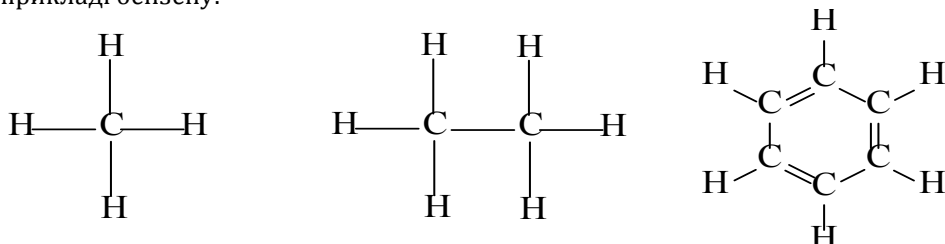
У результаті навчання здобувач, який успішно завершив вивчення дисципліни, повинен засвоїти основи будови та реакційної здатності органічних сполук, типи структурної і просторової ізомерії; взаємний вплив атомів і способи його передачі в молекулі з допомогою електронних ефектів; принципи стабілізації молекул, радикальних та йонних часток на електронному рівні; механізми найбільш важливих хімічних реакцій; будову, правила номенклатури, фізичні властивості, засоби добування, специфічні хімічні властивості і електронні механізми відповідних реакцій. Здобувач має визначати приналежність сполук до відповідних класів і груп на основі класифікаційних ознак і надавати їм назви відповідно до тривіальної, раціональної та систематичної номенклатур IUPAC; визначати характер розподілу електронної густини з урахуванням індуктивних і мезомерних ефектів та визначати в молекулі електрофільні й нуклеофільні центри; описувати механізми основних типів хімічних реакцій; виконувати простий навчально-дослідницький експеримент на основі основних прийомів і технік лабораторних робіт, здійснювати розрахунки, готувати звіти з роботи; користуватися довідниковими матеріалами.

ОХ передують вивченню таких дисциплін: фізична та колоїдна хімія, фізико-хімія високомолекулярних сполук, загальна хімічна технологія, основи проектування хімічних виробництв, основи технічної творчості та наукових досліджень, екологічний аудит та менеджмент хімічних технологій.

Навчально-методичний комплекс з ОХ традиційно складається з таких засобів навчання, як конспект лекцій, лабораторний практикум та курс в інформаційній системі «Модульне середовище для навчання» (ІС МСН).

Специфікою навчання ОХ є значна частка наочних посібників та засобів зображення. Але ці наочні посібники зовсім іншого характеру, ніж в аналітичній хімії, згадаємо, що це здебільшого схеми та графіки. Серед хімічних наук ОХ має особливу мову хімічних символів. На відміну від неорганічної хімії, яка найчастіше використовує молекулярні формули речовин, наприклад, H_2SO_4 , а не $(HO)_2SO_2$, вживання молекулярних формул ОХ дуже обмежений, через специфіку будови майже усіх органічних сполук. Так, навіть зовсім нескладній молекулярній формулі, як от C_2H_6O відповідають дві різні речовини C_2H_5OH та $(CH_3)_2O$. І чим більш складна формула речовини, тим більше різних речовин відповідає тій самій молекулярній формулі.

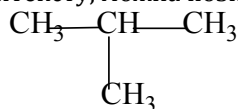
Таким чином, одним з важливих завдань ОХ є навчання здобувачів сприймати, розуміти і самим використовувати різні види структурних формул органічних речовин. Повні структурні формули застосовують у середніх закладах освіти на стадії перших кроків навчання органічної хімії для демонстрації основного структурного компоненту органічних речовин – вуглецевого ланцюга та валентних можливостей атома карбону, як в метану та етану, а також при вивченні ароматичних сполук на прикладі бензену:



Слід зазначити, що інколи здобувачі освіти мають рівень залишкових знань з хімії, що відповідає початковому, і тоді потрібно звертатися з методичних міркувань до повних структурних формул органічних речовин.

У вишах здебільшого використовують скорочені структурні формули різного ступеня скорочення, які виділяють ті чи інші функціональні групи, особливості будови чи реакційні центри органічної речовини, а молекулярні або т.з. бруто-формули застосовують у тих випадках, коли це зрозуміло, не викликає двозначного трактування і доречно, наприклад, метан CH_4 , етан C_2H_6 , бензен C_6H_6 .

Скорочені структурні формули використовують валентні штрихи лише частини хімічних зв'язків, які потрібні для однозначного опису будови молекули, наприклад, ізобутан C_4H_{10} , в залежності від контексту, можна позначити як $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_3$ або



Скорочені структурні формули речовин мають певні традиції написання на площині аркуша, а саме зліва направо, однак часто для більшої ілюстративності у хімічних реакціях структурні формули пишуть справа наліво, перпендикулярно до рядка і навіть під кутом до рядка. Наприклад, структурна формула оцтової кислоти, записана традиційно і справа наліво:



Крім скорочених структурних формул, існує спосіб, котрий полягає в зображенні вуглецевого скелету молекул лише з допомогою валентних зв'язків без позначень атомів вуглецю і водню, т.з. Short-Line Structure Formula. Таким чином метильна група позначається прямою лінією. Цей спосіб зображення використовують для карбоциклічних та гетероциклічних сполук. Так виглядають 2-метилбутан, циклопропан, гексан-1-ол, анілін та пірол:



Майже усі вітчизняні навчальні посібники з ОХ для вишів використовують звичайні скорочені структурні формули для зображення аліфатичних сполук, а ось західні підручники застосовують Short-Line Structure Formula (Xin Liu, 2015) для усіх класів сполук. Здобувачі, які вивчають органічну хімію лише протягом одного семестру, стикаються з труднощами інтерпретації таких формул. Здебільшого ці формули зустрічаються студентами лише в науковому просторі.

Таким чином перед викладачем ОХ стоїть задача навчити студента сприймати, бачити, читати, інтерпретувати та відтворювати молекулярні та різні типи структурних формул органічних речовин

від більш простих до складних. Ось чому мова хімічних символів при вивченні органічної хімії така важлива.

Ще одним викликом для викладача органічної хімії є навчити здобувача специфічній хімічній мові – номенклатурі органічних речовин, яка безпосередньо базується на успішному засвоєнні попереднього етапу – хімічних формул. З огляду на численність світу органічних речовин задача не з легких. Щоб не заблукати у цьому світі, потрібно його класифікувати шляхом виділення або аналізу певних класів органічних сполук, котрі відрізняються одне від одного своїми функціональними групами. Отже, опановуючи номенклатуру органічних речовин, здобувач засвоює значну частину мови ОХ.

Основні типи номенклатури органічних сполук – це тривіальна, раціональна та міжнародна, яка поділяється на замісникову та радикально-функціональну. Майбутній хімік-технолог має засвоїти принципи основних номенклатур для володіння хімічною мовою хоча б для того, щоб не мати розриву у сприйнятті між етановою та оцтовою кислотами, між етином та ацетиленом тощо (Chernykh, 2018).

При вивченні ОХ важливим є не лише порядок побудови вуглецевих ланцюгів, але й просторове зображення молекул. Для цього використовують молекулярні моделі: кулестрижневі та Стюарта – Бріглеба, а на площині просторову будову молекул зображують з допомогою стереоформул, перспективних формул Хеурса, проєкційних формул Фішера та Ньюмена.

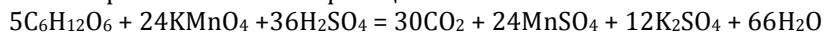
Курс ОХ при системному підході спирається на такі теорії: теорію будови органічних сполук, стереохімічну теорію, електронну теорію хімічного зв'язку та теорію резонансу. Сучасна теорія хімічного зв'язку ґрунтується на квантово-механічних уявленнях.

Теоретичний курс ОХ складається з чотирьох змістових модулів: теорії хімічної будови та реакційної здатності органічних сполук, вуглеводнів, оксигено- і нітрогеновмісних сполук, сполук зі змішаними функціями. Засобами навчання є електронний конспект лекцій та презентаційні матеріали.

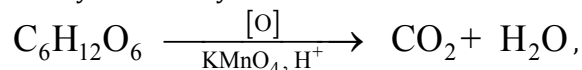
Перший змістовий модуль фактично є теоретичними основами сучасної ОХ. Крім понять гібридизації розглядаються поняття про поляризацію ковалентних зв'язків, індукційний та мезомерний ефекти, типи хімічних реакцій в органічній хімії, електрофільні та нуклеофільні реагенти, карбокатиони та карбоаніони, вільні радикали, органічні кислоти та основи, методи ідентифікації органічних сполук.

На відміну від неорганічної хімії, де здебільшого використовують рівняння хімічних реакцій, в ОХ хімії, з огляду на складність процесів, застосовують часто схеми хімічних реакцій, де вказують реагент, умови реакції, основний продукт реакції та за потреби побічні продукти реакції.

Замість рівняння хімічної реакції



записуємо її схему

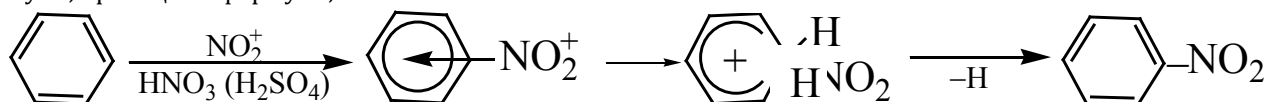


оскільки зрівнювання складних рівнянь органічної хімії не є її предметом і відволікає від вивчення суті реакції до другорядних працездатних деталей.

Інша річ – механізм реакції. Більшість реакцій органічної хімії проходять з утворенням кількох продуктів, тому для розуміння можливих шляхів перебігу, потрібно розуміти механізми.

Розгляду механізмів реакції приділяється велика увага. До прикладу, за більш високих температур з первинних спиртів за умов дегідратації утворюються алкени (механізм E2), а за більш низьких температур – етери (механізм S_N2). Або ж приєднання полярних молекул до подвійного зв'язку алкенів проходить за гетеролітичним йонним механізмом або за гомолітичним радикальним механізмом – це спричиняє утворення різних продуктів реакції.

Для написання механізмів реакцій ОХ хімії використовують графічні засоби зображення – структурні формули, проєкційні формули, схеми:



Другий змістовий модуль включає в себе вивчення добування, будови, ідентифікації, фізичних та хімічних властивостей та застосування алканів, циклоалканів, алкенів, алкінів, алкадієнів, аренів. З теоретичних основ органічної хімії при вивченні гідратації алкінів додається поняття динамічної ізомерії, а саме кето-енольної, дієновий синтез Дільса – Альдера, правило ароматичності Гюккеля та правила орієнтації в бензольному ядрі.

Крім хімічних методів ідентифікації органічних речовин, наголошується на інструментальних методах, а саме особливостях ІЧ, УФ та ПМР-спектрів.

Третій змістовий модуль містить найбільш різноманітні класи органічних сполук і починається з галогенопохідних, які є активними алкілюючими агентами. Далі представлені, спирти, феноли,

карбонільні сполуки, карбонові кислоти та їхні похідні як ацилюючі агенти, а також нітрогеновмісні сполуки – аміни, нітро-, нітросо- та діазосполуки і разом з цими класами речовин розглядаються типи органічних кислот та основ.

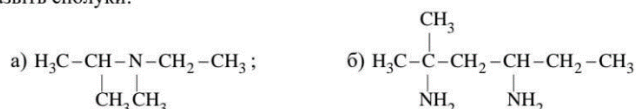
Четвертий змістовий модуль містить сполуки зі змішаними функціями – гідрокси- та амінокислоти, вуглеводи, гетероциклічні сполуки. З теоретичних основ тут є явище оптичної ізомерії, хіральні атоми карбону, проєкційні та перспективні формули, цикло-ланцюгова таутомерія, ароматичність гетероциклів, пірольний і піридиновий атоми азоту.

Форма викладання теоретичного матеріалу з ОХ – це лекційні заняття, які здебільшого проводяться аудиторно. Наочними посібниками лекційного курсу є презентаційні матеріали, де формули речовин, схеми реакцій зображені з допомогою редакторів хімічних формул Chem Draw, а також мультимедійних симуляцій. Для посилення науково-теоретичної бази викладання ОХ нами запрошуються фахівці-науковці з інших вишів. Так, лекційне заняття з теми «Органічні кислоти та їх похідні» провів фаховий доктор хімічних наук з кафедри хімії Львівського національного університету імені Івана Франка.

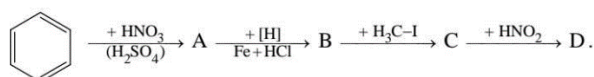
Формою контролю практичної частини курсу органічної хімії є письмовий поточний контроль з тем, де потрібно вміти скласти хімічні формули, дати назви речовин за раціональною та замісновою, запропонувати спосіб добування речовини, написати ланцюг перетворень тощо. Приклад завдання поточного контролю показаний на рис. 1

ПК НІТРОГЕНОВІСНІ СПОЛУКИ
ВАРІАНТ 1

1. Назвіть сполуки:



2. Складіть схему реакцій:



3. Із *m*-нітроаніліну добудьте *m*-бромфенол.

4. Складіть схему реакцій, назвіть усі сполуки:

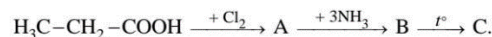


Рис. 1 – Приклад завдання поточного контролю

З метою методичної допомоги в засвоєнні теоретичної частини курсу в ІС МСН є навчальні тести з кожної теми. Наприкінці семестру формою семестрового контролю є тестовий іспит, який містить 30 питань. До складу екзаменаційного тесту рандомно входять питання усіх навчальних тестів.

Невід'ємною і найважливішою складовою у вивченні ОХ є ЛП, який слугує засвоєнню основних теоретичних знань шляхом формування практичних навичок роботи з органічними речовинами: синтезу, виділенню та очищенню, якісній ідентифікації функціональних груп. Результати робіт в лабораторії ОХ – одержані практичні уміння та навички можуть бути використані в подальшому навчанні при виконанні курсових та кваліфікаційних робіт, а також в НДР. Так, результати студентської НДР з органічної хімії представлені у цій праці (Ткачук, 2022).

ЛП з ОХ має методичний супровід – журнал з методичними рекомендаціями виконання лабораторних робіт, шаблоном протоколів ЛР та тестів для захисту ЛР. У журналі міститься інформація з методичними рекомендаціями для реалізації кожного із вищезначених видів практичної діяльності майбутніх хіміків-технологів. У журналі передбачені ЛР, котрі включають ряд дослідів, виконання яких передбачено навчальним планом, та допоможуть студентам навчитися поводитися із найважливішими органічними речовинами та лабораторним обладнанням, ознайомитися на практиці із властивостями різних класів органічних сполук, самостійно виявити взаємозв'язок хімічної будови і властивостей речовин, спостерігати якісні реакції функціональних груп (Ткачук, 2019). Він побудований за принципом зошита з друкованою основою, фрагмент якого показаний на рис. 2.

Всього ЛР шість. За формою організації це навчальний груповий експеримент. ЛП починається з інструктажу з техніки безпеки в лабораторії органічної хімії: правилами поведінки з різними за природою речовинами, органічними розчинниками та займистими речовинами.

ЛР 1 «Аліфатичні вуглеводні» складається з трьох дослідів: добування метану та дослідження його властивостей, добування та дослідження властивостей етилену, добування ацетилену, вивчення його

властивостей. Фрагмент протоколу журналу ЛП показано на рисунку 1 зліва, а фрагмент захисту ЛР справа.

Студенти добувають в лабораторії метан, етилен та ацетилен, досліджують їхнє відношення до слабких окисників – розчину калій перманганату та бромної води, проводять горіння цих газів. Записують спостереження в журнал, аналізують спільні властивості та їхні відмінності. На основі теорії будови цих сполук – енергії, довжини, кратності зв'язків, роблять відповідні висновки.

ЛР 2 «Ароматичні вуглеводні» складається з шести дослідів: добування бензену, бромовання бензену, бромовання гомологів бензену, відношення бензену до дії окисників, відношення гомологів бензену до дії окисників, нітрування бензену. В процесі виконання експерименту здобувачі записують спостереження, рівняння реакцій, визначають типи і механізми реакцій, замальовують формули речовин з зазначенням індукційних та мезомерних ефектів, порівнюють стабільність та хімічну активність бензену та його гомологів, роблять висновки про правила орієнтації в бензольному ядрі.

ЛР 3 «Спирти, феноли, альдегіди, кетони» складається з одинадцяти дослідів: розчинність спиртів у воді, горіння спиртів, кислотні властивості спиртів, дія на спирти купрум (II) оксиду, реакція естерифікації, характерна реакція на багатоатомні спирти, бромовання фенолу, якісна реакція на фенол, реакція срібного дзеркала, окиснення альдегідів купрум (II) гідроксидом, окиснення альдегідів реактивом Фелінга. Студенти знайомляться з цілою низкою яскравих видовищних реакцій, знайомляться з приготуванням реактивів Толленса, Шиффа, Фелінга. Визначають тип реакцій срібного та мідного дзеркала, замальовують формули координаційних органічних сполук, позначають водневі зв'язки між атомами спиртів, навчаються зсувати рівновагу реакції естерифікації у бік утворення запашних естерів.

ЛР 4 «Карбонові кислоти та їх похідні» складається із шести дослідів: утворення солей карбонових кислот, властивості солей вищих жирних кислот, добування карбонових кислот із їх похідних, властивості ненасичених карбонових кислот, реакція естерифікації, властивості рослинних жирів. Студенти зазначають фізичні та хімічні властивості насичених та ненасичених вищих жирних та нижчих кислот, розрівнюють реакції із розщепленням С–О та О–Н зв'язків, пояснюють це на основі теорії хімічної будови та електронної теорії хімічного зв'язку.

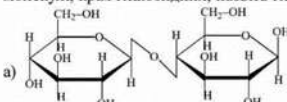
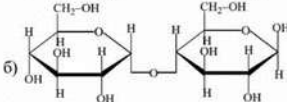
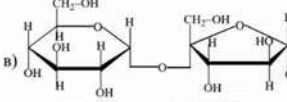
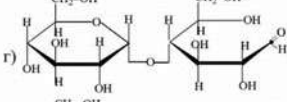
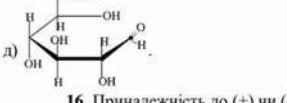
ЛР 5 «Нітрогенові сполуки» складається з шести дослідів: реакція дезамінування, реакція амінооцтової кислоти, властивості аніліну, реакції діазотування, реакція діазосполук із виділенням азоту, реакція азосполучення. Студенти пояснюють основні властивості аміногрупи алкіл-, ариламінів та амінокислот, реакції алкіл- та ариламінів з нітритною кислотою, розглядають механізми реакцій, в т.ч. реакції азосполучення, в результаті якої утворюються азобарвники чи кислотно-основні індикатори.

ЛР 6 «Вуглеводи» складається з восьми дослідів: реакції альдегідної групи глюкози: реакція срібного дзеркала, окиснення глюкози реактивом Фелінга, утворення озазону глюкози; реакція спиртових груп та альдегідної групи глюкози: глюкоза у реакції Троммера; відновлюючі і невідновлюючі дисахариди, гідроліз сахарози, гідроліз крохмалю, розчинення целюлози. Студенти записують хімічні реакції гідроксильної та карбонільної груп вуглеводів, проводять якісні реакції на альдо- і кетогексози, досліджують різницю між монозами і ді- та поліозами, між відновною здатністю мальтози, лактози та сахарози.

Рівняння реакції добування метану		
Тип цієї реакції		
Спостереження при пропусканні метану крізь бромну воду		
Висновок	Метан як представник насичених вуглеводнів – алканів – має стійкість / не має стійкості до дії бромної води	
Спостереження при пропусканні метану крізь розведений розчин калій перманганату		
Висновок	Метан як представник насичених вуглеводнів – алканів – має стійкість / не має стійкості до дії слабких окисників	
Властивості метану		
Агрегатний стан	Колір	Запах
Вкажіть та позначте на малюнку: • валентний кут: • довжина зв'язку: • тип зв'язку: • кратність зв'язку: • енергія зв'язку: • геометрична форма молекули: • тип гібридації:		
		
Рівняння реакції горіння метану		
Тип реакції		
Спостереження		

в) амілопектин;
г) декстрини.
д) мальтоза.

15. Вкажіть формулу β-мальтози та кількість усіх гідроксигруп у її молекулі, крім глікозидних, назвіть глікозидний зв'язок:

а)  ;
 б)  ;
 в)  ;
 г)  ;
 д)  .

16. Приналежність до (+) чи (-) ряду вуглеводів визначається:
 а) напрямом обертання площини поляризації;
 б) положенням гідроксигрупи біля нижнього хірального атома Карбону;
 в) положенням глікозидного гідроксилу;
 г) циклічною чи ланцюговою формою існування;
 д) кристалічною чи розчиненою формою.

17. Вкажіть формулу β-целюбіози та кількість усіх гідроксигруп у її молекулі, крім глікозидних, назвіть глікозидний зв'язок:

Рис. 2 – Фрагмент журналу ЛП: зліва – протоколу, справа – тесту захисту ЛР

Оскільки ЛП з ОХ передбачає лише хімічні реакції певних класів органічних речовин, їхню ідентифікацію з допомогою інструментальних методів аналізу проводять в рамках навчальної практики на базі обладнання кафедри або ж в установах-партнерах (Rokytska, 2013).

НМК з органічної хімії в ІС МСН також містить відеоматеріали майже усіх дослідів практикуму, тому здобувач при підготовці протоколу ЛР може звернутися до цих матеріалів. Формою контролю ЛП з ОХ є захист кожної ЛР. Це тестовий контроль, який міститься в журналі ЛП укінці кожної роботи.

Самостійна робота (СР) полягає в опрацюванні здобувачем лекційних матеріалів з відповідної теми та закріплення одержаних знань, шляхом складання навчальних тестів в ІС МСН, підготовка звіту з ЛР. Протокол ЛР із захистом подається викладачу на перевірку не пізніше, ніж перед початком наступного заняття. Якщо планом занять передбачено виконання поточного або підсумкового контролю, студент готується до його виконання.

Таким чином, вивчивши курс ОХ, майбутні хіміки-технологи здобувають не лише корисну теоретичну інформацію з цієї навчальної дисципліни, але й практично проробляють значний об'єм роботи в лабораторії ОХ, починаючи від знайомства з лабораторним посудом до навичок поводження з органічними речовинами і проведенням дослідів. Ці компетенції дають міцний фундамент для вивчення на наступних курсах дисциплін професійної підготовки, для виконання студентської НДР, курсових робіт, кваліфікаційних магістерських робіт.

Отже, у цій праці при системному підході були розроблені теоретичні і методичні особливості навчання ОХ хіміків-технологів у класичному університеті:

- було показано, що ОХ є наукою, у якій найвагоміше місце посеред інших галузей хімії посідає специфічна мова хімічних символів;
- в ОХ, завдяки найбільшій кількості органічних речовин – предмету цієї науки, хімічна мова, тобто номенклатура цих сполук, також є чи не найскладнішою;
- успішне засвоєння ОХ неможливе без сучасних теорій будови та реакційної здатності органічних сполук, а також без пояснення механізмів хімічних реакцій;
- трансформація теоретичної інформації в розвинені вміння і навички проходить в результаті виконання ЛП з ОХ;
- процес навчання ОХ у класичному університеті при системному підході корелює із елементами технології учіння (Tkachuk, 2020a, Tkachuk, 2020b).

Представлені у цій статті дослідження стосуються створення методичних і теоретичних основ навчання ОХ в класичному університеті для підготовки здобувачів ОПП 161 Хімічні технології та

інженерія. Результати таких досліджень можуть бути корисними для розробки НМК з дисципліни для бакалаврів як хімічних, так і нехімічних спеціальностей.

Список використаних джерел

- Проектна група зі спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія (бакалавр) Хмельницького національного університету. (2023). Проект освітньої програми: перший (бакалаврський) рівень вищої освіти, галузь знань 16 Хімічна інженерія та біоінженерія, спеціальність 161 Хімічні технології та інженерія. Хмельницький.
- Рокицька, В. Й., Ткачук, Г. С. (2013). *Органічна хімія: лабораторний практикум для студентів напрямів підготовки «Хімічна технологія», «Екологія»* (Ч. I). Хмельницький: ХНУ.
- Ткачук, Г. С. (2020а). Кваліметричне дослідження елементів процесу учіння на прикладі вивчення хімічних дисциплін. *Теорія та методика навчання та виховання*, 48, 132-145.
- Ткачук, Г. С. (2020b). Кваліметрична оцінка технології учіння у процесі підготовки здобувачів вищої освіти з хімії. *Вісник післядипломної освіти*, 13 (42), 259-275.
- Ткачук, Г. (2022). Методичні та дидактичні основи лабораторного практикуму з хімічних дисциплін. *Витоки педагогічної майстерності*, 25, 230-235.
- Ткачук, Г. С. (2019). *Органічна хімія: журнал лабораторного практикуму та методичні вказівки з курсу для студентів Хімічна технологія та інженерія, Екологія, Технологія легкої промисловості*. Хмельницький: ХНУ.
- Черних, В. (2018). *Органічна хімія: підруч. для студ. вищ. навч. закл. 2-ге вид., випр. і доп.* Харків: Вид-во НФаУ: Оригінал.
- Xin, Liu. (2015). *Organic Chemistry* (Vol. I). Kwantlen Polytechnic University Surrey, BC.

References

- Chernykh, V. (2018). *Orhanichna khimiia [Organic Chemistry]: pidruch. dlia stud. vyshch. navch. zakl.* Kharkiv: Vyd-vo NFaU: Oryhinal [in Ukrainian].
- Proiektna hrupa zi spetsialnosti 161 Khimichni tekhnologii ta inzheneriia (bakalavr) Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu [Project group on specialty 161 Chemical technologies and engineering (bachelor) of Khmelnytskyi National University]. (2023). Proiekt osvnoi prohramy: pershyi (bakalavrskyi) riven vyshchoi osvity, haluz znan 16 Khimichna inzheneriia ta bioinzheneriia, spetsialnist 161 Khimichni tekhnologii ta inzheneriia. Khmelnytskyi [in Ukrainian].
- Rokytska, V. Y., & Tkachuk, H. S. (2013). *Orhanichna khimiia [Organic Chemistry]: laboratornyi praktykum dlia studentiv napriamiv pidhotovky «Khimichna tekhnolohiia», «Ekolohiia».* (P. I). Khmelnytskyi: KhNU [in Ukrainian].
- Tkachuk, H. S. (2020). Kvalimetrychne doslidzhennia elementiv protsesu uchinnia na prykladi vyvchennia khimichnykh dystsyplin [Qualimetric study of the elements of the learning process on the example of the study of chemical disciplines]. *Teoriia ta metodyka navchannia ta vykhovannia [Theory and methods of teaching and education]*, 48, 132-145 [in Ukrainian].
- Tkachuk, H. S. (2020). Kvalimetrychna otsinka tekhnologii uchinnia u protsesi pidhotovky zdobuvachiv vyshchoi osvity z khimii [Qualitative assessment of learning technology in the process of training students of higher education in chemistry]. *Visnyk pislidyplomnoi osvity [Bulletin of postgraduate education]*, 13 (42), 259-275 [in Ukrainian].
- Tkachuk, H. (2022) Metodychni ta dydaktychni osnovy laboratornoho praktykumu z khimichnykh dystsyplin [Methodical and didactic foundations of a laboratory workshop in chemical disciplines]. *Vytyky pedahohichnoi maisternosti [Origins of pedagogical mastery]*, 25, 230-235 [in Ukrainian].
- Tkachuk, H. S. (2019). *Orhanichna khimiia [Organic Chemistry]: zhurnal laboratornoho praktykumu ta metodychni vkazivky z kursu dlia studentiv Khimichna tekhnolohiia ta inzheneriia, Ekolohiia, Tekhnolohiia lehkoj promyslovosti.* Khmelnytskyi: KhNU [in Ukrainian].
- Xin, Liu. (2015). *Organic Chemistry* (Vol. I). Kwantlen Polytechnic University Surrey, BC.

TKACHUK H.

Khmelnytskyi National University, Ukraine

METHODOLOGY OF TEACHING ORGANIC CHEMISTRY TO CHEMISTS-TECHNOLOGISTS AT A CLASSICAL UNIVERSITY

This work presents a methodology concept of teaching organic chemistry at classical universities, which is based on learning technology using the psychological and pedagogical principles of the present days. The purpose of the article is the theoretical and methodical substantiation of the peculiarities of teaching organic chemistry to chemists-technologists at a

classical university. In order to achieve the specified goal, the following tasks were fulfilled: educational and methodological bases were developed for organization of the organic chemistry learning process, taking into account the implementation of the Strategy for the Development of Higher Education in Ukraine for 2022–2032.

The work developed theoretical and methodical features of organic chemistry teaching to chemists-technologists with a systematic approach. Namely, it was shown that organic chemistry is a science in which the specific language of chemical symbols occupies the most important place among other branches of chemistry. In organic chemistry, due to the largest number of organic substances – the subject of this science, the chemical language, that is, the nomenclature of these compounds, from a methodological point of view, is almost the most complicated. Successful mastering of organic chemistry is impossible without mastering modern theories of the structure and reactivity of organic compounds, as well as without explaining the mechanisms of chemical reactions. The transformation of theoretical information into developed skills and abilities takes place as a result of conducting a laboratory workshop in organic chemistry, which takes place in organic chemistry laboratories using the methods of educational laboratory workshop and methods of organic synthesis. The process of teaching organic chemistry at a classical university with a systemic approach correlates with elements of learning technology. The material of this article is also based on the educational and methodological developments of the author. The research presented in this article relates to the development of methodological and theoretical foundations of teaching organic chemistry at a classical university for preparing applicants for the Educational and Professional Program 161 Chemical Technologies and Engineering. The results of such studies can be useful for development of an educational and methodological complex in the subject for bachelors of both chemical and non-chemical specialties.

Key words: *higher education, organic chemistry, classical university, learning, learning technologies, training of technologist chemists*

Стаття надійшла до редакції 27.03.2024 р.