


УДК 616-05.001.575

# Міжпредметне інтегрування при викладанні біологічної хімії і токсикологічної та судової хімії студентам фармацевтичного факультету Буковинського державного медичного університету

*Ірина Яремій*

 [0000-0001-7969-345X](https://orcid.org/0000-0001-7969-345X) @: [yaremii.iryina@bsmu.edu.ua](mailto:yaremii.iryina@bsmu.edu.ua)

*Буковинський державний медичний університет*

## **Ключові слова:**

*міжпредметне інтегрування;  
елементи навчання;  
біологічна хімія;  
токсикологічна та  
судова хімія.*

## **Анотація**

Стаття присвячена міжпредметному інтегруванню при викладанні навчальних курсів «Біологічної хімії» і «Токсикологічної та судової хімії» студентам фармацевтичного факультету, зокрема виокремленню спільних для обох предметів елементів навчання.

Аналіз робочих програм із вищезазначених дисциплін виявив, що набуті студентами-фармацевтами знання під час вивчення «Біологічної хімії» є підґрунтям для опанування ними курсу «Токсикологічної та судової хімії», а викладання навчального матеріалу обох дисциплін необхідно здійснювати в постійному інтегративному зв'язку задля поглиблення знань і вмінь студентів-фармацевтів, розвитку їх професійного мислення й ерудиції, формування необхідних базових і професійних (фахових) компетентностей майбутніх фахівців фармацевтичної галузі.

## **Цитування:**


*Яремій І. Міжпредметне інтегрування при викладанні біологічної хімії і токсикологічної та судової хімії студентам фармацевтичного факультету Буковинського державного медичного університету. Природничі, математичні науки та освіта в медицині 1 (1) 2024 49-61*



<https://science.bsmu.edu.ua/>

# Intersubject integration in the teaching of biological chemistry and toxicological - forensic chemistry to students of the pharmacy faculty in Bukovinian state medical university

Iryna Yaremii

 ID: [0000-0001-7969-345X](https://orcid.org/0000-0001-7969-345X) @: [yaremii.iryyna@bsmu.edu.ua](mailto:yaremii.iryyna@bsmu.edu.ua)

Bukovinian State Medical University

## Keywords:

*interdisciplinary integration;  
educational elements;  
biological chemistry;  
toxicological and  
forensic chemistry.*

## Abstract

The article is devoted to interdisciplinary integration in teaching courses of biological chemistry and toxicological and forensic chemistry to students of the pharmacy faculty, in particular, to the identification of educational elements to both subjects. The analysis of work programs from the above-mentioned disciplines revealed that the educational elements acquired by pharmacist students during the study of Biological Chemistry; are undoubtedly important for their mastery in Toxicological and Forensic Chemistry. The teaching of the educational material of both disciplines must be carried out in a constant integrative relationship in order to deepen the knowledge and skills of pharmaceutical students, develop their professional thinking and erudition, and form the necessary basic and professional competencies of future specialists in the pharmaceutical industry.

## Зміст

Вступ	50
Основна частина	52
Висновки	58
Список використаних джерел	59

## Вступ

Реформування освіти в Україні загалом, зокрема вищої медичної є важливим актуальним питанням якості освіти [3,4,6,7,10]. Формування всебічно розвинутої та цілісної особистості базується на принципі інтегрування, тобто здійснюється шляхом поєднання в єдине ціле частин, компонентів і елементів, які до проведення інтегрування існували окремо, з метою зміцнення взаємозв'язків між ними [14].

Викладання фундаментальних навчальних дисциплін у вищих навчальних закладах має бути професійно орієнтованим задля забезпечення фор-

мування професійних якостей майбутніх фахівців, зокрема фармацевтичної галузі України. Принципи інтеграції в навчальному процесі використовуються для встановлення взаємозв'язків між окремими дисциплінами з метою їх подальшого вивчення в поєднанні шляхом виявлення спільних рис між окремими елементами навчання [14]. Цьому, зокрема сприяє міжпредметне інтегрування, пошук спільних тем, понять і термінів.

Міждисциплінарна інтеграція – це процес узгодження змісту навчальних дисциплін щодо відображення ними єдиних,

Розділ 3. Природничі та математичні дисципліни в медичній освіті  
Section 3. Natural and mathematical disciplines in medical education

безперервних і цілісних явищ професійної діяльності, цілеспрямоване посилення міждисциплінарних зв'язків за умов збереження теоретичної і практичної цілісності навчальних дисциплін. Реалізація міждисциплінарних зв'язків у навчальній діяльності – це один із необхідних дидактичних засобів формування в студентів професійних знань і навичок. Важливо, щоб навчальна інформація, засвоєна під час вивчення інших дисциплін, не повторювалась, а використовувалася для мотивації навчальної діяльності студентів, актуалізації опорних знань, умінь і навичок, обґрунтування, з'ясування сутності явищ, моделювання процесів тощо [9].

Лише інтеграційний підхід до викладання дисциплін сприяє виокремленню всіх необхідних елементів навчання та формує цілісність системи знань, умінь і практичних навичок. У процесі вивчення природничих дисциплін загалом можна виділити кілька типів інтеграції – предметну, проблемну, горизонтальну та вертикальну. При цьому предметно-орієнтоване навчання в рамках вертикальної інтеграції, коли кожна наступна дисципліна опирається на компетенції, набуті при вивченні попередніх дисциплін є традиційною, а горизонтальна – дозволяє досягнути найвищого рівня міждисциплінарної інтеграції, адже її головним елементом є об'єкти майбутньої професійної діяльності. Міждисциплінарна інтеграція є процесом цілеспрямованого посилення міждисци-

### Мета

Провести аналіз робочих навчальних програм із «Біологічної хімії» і «Токсикологічної та судової хімії» за якими навчаються студенти спеціальності 226 «Фармація, промислова фармація» на другому (магістерському) рівні у Буковинському державному медичному університеті (БДМУ), складених на основі затвердженого та введеного в дію наказом МОН

плінарних зв'язків зі збереженням повноцінної теоретичної і практичної цілісності кожної з навчальних дисциплін [14].

Міждисциплінарність, міждисциплінарний підхід, інтегрованість в освітніх програмах – це вимога часу та умова якісної вищої освіти. Міждисциплінарний підхід дає нам широкі можливості у створенні сучасних, унікальних і затребуваних освітніх програм різних рівнів освіти, а також дозволяє кожному індивіду розвиватися всебічно, доповнюючи свій основний напрям підготовки ґрунтовними знаннями з інших дотичних сфер науки, розвиваючи професійно-комунікативні навички за фахом, як це має місце в освітньому європейському просторі, коли зміст освіти вищих навчальних закладів реалізується за допомогою міждисциплінарного навчального плану, спрямованого на розуміння зв'язків і відмінностей між навчальними дисциплінами [3,16].

На необхідність міжпредметного інтегрування при викладанні природничих дисциплін вказують ряд вітчизняних та закордонних науковців, які зазначають, що компетенції, сформовані в студентів під час вивчення попередніх базових дисциплін повинні слугувати фундаментом для вивчення наступних як фундаментальних, так і фахових дисциплін, мотивувати їх до поглиблення знань та сприяти формуванню не тільки базових, але й професійних компетентностей [15,17,18,19,20,21].

України від 04.11.2022 р. №981 Стандарту вищої освіти для вищезазначеної спеціальності [11,12,13] на предмет виокремлення елементів навчання, на рівні яких необхідно здійснювати міжпредметне інтегрування вищезазначених навчальних дисциплін з метою забезпечення формування в студентів необхідних базових та професійних компетентностей.

Розділ 3. Природничі та математичні дисципліни в медичній освіті  
Section 3. Natural and mathematical disciplines in medical education

### Основна частина

Міждисциплінарна інтеграція проводить узгодження змісту навчальної дисципліни і логічне узагальнення послідовності, передбачених навчальним планом дисциплін з метою проведення навчальних занять таким чином, щоб компетентності, знання, вміння та практичні навички, які були набуті при вивченні однієї навчальної дисципліни слугували базисом для здобуття компетентностей наступних дисциплін, у вивченні яких є спільні теми, об'єкти вивчення тощо [14].

Як «Біологічна хімія», так і «Токсикологічна та судова хімія», є обов'язковими дисциплінами в системі підготовки магістрів фармацевтичної галузі. «Біологічна хімія» вивчається студентами-фармацевтами, спеціальності 226 «Фармація, промислова фармація», які навчаються на другому (магістерському) рівні на 3-му році навчання (5-6-й семестри), а «Токсикологічна та судова хімія» – на 4-му році навчання (8-й семестр) [11,12,13]. Вищезазначені навчальні дисципліни забезпечують інтегральну компетентність: здатність розв'язувати типові та складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми у професійній фармацевтичній діяльності із застосуванням компетентностей, набутих у курсі «Біологічної хімії»; інтегрувати знання та вирішувати складні питання, формулювати судження за недостатньої або обмеженої інформації; зрозуміло і недвозначно доносити свої висновки та знання, аргументовано їх обґрунтовуючи, до фахової та нефахової аудиторії; важливі загальні та професійні компетентності та програмні результати навчання [13] (табл. 1).

Аналіз переліку компетентностей та програмних результатів навчання курсу «Біологічної хімії» та курсу «Токсикологічної та судової хімії» (табл.1) виявив, що ці навчальні дисципліни взаємопов'язані та забезпечують ряд однакових не тільки загальних (ЗК 01, ЗК 02, ЗК 05), але

й спеціальних (фахових) компетентностей (ФК 01, ФК 02), тому їх викладання необхідно проводити з урахуванням наявних горизонтальних та вертикальних міждисциплінарних зв'язків.

Як видно з табл.2, із багатьма поняттями, термінами, явищами та іншими елементами навчання, які використовуються в обох навчальних дисциплінах, студенти вперше знайомляться в курсі біологічної хімії, що певною мірою забезпечує в подальшому успішне засвоєння окремих тем курсу токсикологічної і судової хімії.

Наприклад, у Модулі №1 з «Біологічної хімії» («Структура та функції біомолекул. Загальні закономірності метаболізму. Обмін вуглеводів, ліпідів, амінокислот та його регуляція») студенти вивчаючи особливості структури та похідні гемоглобіну вперше дізнаються про більшу спорідненість гемоглобіну до оксиду карбону (II), чим до кисню і що при отруєнні чадним газом відбувається блокування 6-го координаційного числа феруму в гемі з утворенням карбокси-гемоглобіну, що призводить до гіпоксії.

Також у цій темі студенти засвоюють інформацію про те, що при отруєнні сильними окиснювачами, зокрема оксидами нітрогену, нітритами та нітратами, відбувається окислення феруму й утворення метгемоглобіну – похідного, яке не приєднує кисень і зумовлює гіпоксію. У цій же темі студенти знайомляться з препаратами-метгемоглобіноутворювачами, які використовуються як антидоти при отруєнні ціанідами.

У курсі «Токсикологічної та судової хімії» токсикологічну характеристику та методи хіміко-токсикологічного аналізу пестицидів студенти пригадують набути в модулі №1 з біологічної хімії інформацію щодо механізму неконкурентного незворотнього інгібування фосфорорганічними сполуками активності ацетилхолінестерази та механізм неконкурентно-

Розділ 3. Природничі та математичні дисципліни в медичній освіті  
 Section 3. Natural and mathematical disciplines in medical education

Таблиця 1.

Компетентності та програмні результати навчання, які забезпечують навчальні дисципліни «Біологічна хімія» і «Токсикологічна та судова хімія»

Біологічна хімія (3 курс)	Токсикологічна та судова хімія (4 курс)
<i>Загальні:</i>	<i>Загальні:</i>
ЗК 01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу; ЗК 02. Знання та розуміння предметної області; розуміння професійної діяльності; ЗК 05. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт; ЗК 06. Здатність працювати в команді.	ЗК 01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу; ЗК 02. Знання та розуміння предметної області; розуміння професійної діяльності; ЗК 05. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт; ЗК 06. Здатність працювати в команді.
<i>спеціальні (фахові, предметні):</i>	<i>спеціальні (фахові, предметні):</i>
ФК 01. Здатність інтегрувати знання та розв'язувати складні задачі фармації у широких або мультидисциплінарних контекстах; ФК 02. Здатність збирати, інтерпретувати та застосовувати дані, необхідні для професійної діяльності, здійснення досліджень та реалізації інноваційних проєктів у сфері фармації; ФК 04. Здатність зрозуміло і недвозначно доносити власні знання, висновки та аргументацію у сфері фармації до фахівців і нефаківців, зокрема осіб, що навчаються.	ФК 01. Здатність інтегрувати знання та розв'язувати складні задачі фармації у широких або мультидисциплінарних контекстах; ФК02. Здатність збирати, інтерпретувати та застосовувати дані, необхідні для професійної діяльності, здійснення досліджень та реалізації інноваційних проєктів у сфері фармації; ФК03. Здатність розв'язувати проблеми фармації у нових або незнайомих середовищах за наявності неповної або обмеженої інформації з урахуванням аспектів соціальної та етичної відповідальності; ФК08. Здатність здійснювати моніторинг ефективності та безпеки застосування населенням лікарських засобів згідно з даними щодо їх клініко-фармацевтичних характеристик; ФК 09. Здатність визначати лікарські засоби, ксенобіотики, токсини та їх метаболіти у біологічних рідинах та тканинах організму, проводити хіміко-токсикологічні дослідження з метою діагностики гострих отруєнь, наркотичного та алкогольного сп'янінь.

го інгібування активностей ферментів за дії катіонів важких металів [1,2,8].

Розглядаючи в біохімії механізми дії мультиензимних комплексів, які каталізують реакції окиснювального декарбоксилування кетокислот, зокрема пірвіноградної та 2-оксоглутарової, увага студентів акцентується зокрема на тому, що арсенати блокують ліпосеву кислоту, яка входить до складу пірватдегідрогеназного та 2- оксо-глутаратдегідрогеназного комплексів, а також до складу мультиензимного комплексу, що каталізує окиснювальне декарбоксилування розгалужених кетокислот [1,2].

У публікаціях окремих авторів [10]

проводиться міжпредметне інтегрування окремих тем із курсу біологічної хімії, які зокрема вивчаючи енергетичний обмін у курсі біохімії розглядають клітинні отрути, антибіотики й інші фармпрепарати, які є інгібіторами тканинного дихання (мишачий гістотоксин, олігоміцин, антимицин А, пірцидин А, барбітурати), а також звертають увагу на сполуки, які порушують роботу дихального ланцюга, як роз'єднувачі окиснення і фосфорилування (пірогени мікробного походження) і сполуки, зокрема фармпрепарати, які збільшують ефективність функціонування дихального ланцюгу мітохондрій (пірацетам, фенібут, мексидол).

<https://science.bsmu.edu.ua/>

Розділ 3. Природничі та математичні дисципліни в медичній освіті  
 Section 3. Natural and mathematical disciplines in medical education

Розглядаючи енергетичний обмін в організмі людини, в темі «Біологічне окислення й окиснювальне фосфорилювання» студенти БДМУ окрім вищезазначеного, доповнюють свої знання про токсичність чадного газу і ціанідів, як сполук, що блокують цитохромоксидазу дихального ланцюгу (комплекс цитохромів aa3. На 4-му курсі ці знання необхідні для розуміння токсикологічної характеристики чадного газу та ціанідів [8].

У модулі №2 із біологічної хімії («Основи молекулярної біології та біохімії міжклітинних комунікацій. Біохімія тканин і фізіологічних функцій; основи фармацевтичної біохімії») студенти поглиблюють отримані раніше знання про токсичність важких металів інформацією про те, що у випадку отруєння катіонами важких металів у організмі людини відбувається

ампліфікація генів (збільшення кількості копій генів), що кодують білки металотіонеїни (адаптивна реакція організму на інтоксикацію важкими металами) [1,2].

Вивчаючи «Обмін гемопротеїнів», зокрема особливості синтезу гему та порфіринурії, увага студентів акцентується зокрема на тому, що отруєння солями плюмбуму, етанолом, пестицидами, певними лікарськими засобами може провокувати загострення та клінічні прояви порфірії. Ця знання знадобляться студентам при вивченні ними на 4-му курсі теми «Токсикологічна характеристика металів: застосування, властивості, токсичний вплив, клінічна картина гострих отруєнь, метаболізм, розподіл в організмі та екскреція. Мікро- та макроелементи» [1,2,8].

У модулі №2 із біологічної хімії студенти знайомляться з молекулярними

Таблиця 2.

Інтегрування навчального матеріалу з «Біологічної хімії» і «Токсикологічної та судової хімії» при їх викладанні студентам спеціальності 226 «Фармація, промислова фармація», які навчаються на другому (магістерському) рівні.

Біологічна хімія (3 курс) (забезпечувальні елементи навчання)	Токсикологічна та судова хімія (4 курс) (забезпечувані елементи навчання)
1. Пояснювати біохімічний механізм засвоєння речовин у шлунково-кишковому тракті, роль білків-переносників і ферментів, які забезпечують активний транспорт (H <sup>+</sup> -АТФ-ази, Na <sup>+</sup> /K <sup>+</sup> - АТФ-ази, Ca <sup>2+</sup> - АТФ-ази)	Обґрунтовувати токсичну дію серцевих глікозидів (дигоксину, убаїну) при їх отруєнні через вплив на функціонування Na <sup>+</sup> /K <sup>+</sup> - АТФ-ази та толових отрут через пригнічення Ca <sup>2+</sup> - АТФ-ази.
2. Знати показник рН сечі в нормі та причини його збільшення та зниження при різних патологічних станах; вміти визначити рН сечі.	Пояснювати вплив рН сечі на виділення з організму ксенобіотиків слабко кислого (саліцилова кислота, барбітурати тощо) та слабко лужного характеру (хінін, теофілін, кофеїн тощо).
3. Вміти визначити у крові та сечі вміст креатиніну, виявити в сечі білок і кров та дати клінічну оцінку отриманих результатів.	Вміти за показниками вмісту креатиніну в крові та сечі, наявністю протеїнурії/гематурії встановити ступінь тяжкості отруєння організму нефротоксичними сполуками.
4. Вміти визначити вміст креатиніну в сироватці крові та сечі та давати клінічну оцінку отриманих показників; трактувати зміни активностей креатинфосфокінази та її ізоферментів у сироватці крові.	За ступенем збільшення активності креатинфосфокінази та її ізоферменту КФК-ММ у сироватці крові встановлювати ступінь тяжкості отруєння сполуками, що спричиняють порушення роботи скелетних м'язів.
5. Розуміти принцип гемодіалізу, який використовують для очистки крові від низкомолекулярних токсичних речовин, мати уявлення про функціонування «штучної нирки».	Обґрунтовувати проведення гемодіалізу при отруєнні ізоніазидом, барбітуратами, аніліном, тетрахлор-метаном, метанолом, етиленгліколем, похідними фенотіазину, солями миш'яку, кадмію, свинцю, фторидами тощо.

Розділ 3. Природничі та математичні дисципліни в медичній освіті  
 Section 3. Natural and mathematical disciplines in medical education

механізмами дії антиметаболітів обміну нуклеотидів, протипухлинних засобів, які діють як конкурентні інгібітори певних ферментів, зокрема ферментів, що задіяні в синтезі піримідинових нуклеотидів (метотрексат – конкурентний інгібітор дигідрофолатредуктази, а 5-фторурацил – тимідилатсинтази). Ці знання використовуються при вивченні в курсі токсикологічної та судової хімії, зокрема в розділі «Синтетичні лікарські засоби» роз-

глядається токсикологічна характеристика похідних урацилу (5-флуороурацил).

Також, розглядаючи питання молекулярної біології студенти-фармацевти вивчають механізми дії антибіотиків, які є інгібіторами синтезу ДНК (інгібітори реплікації) чи РНК (інгібітори транскрипції), а також антибіотики-інгібітори трансляції (біосинтезу білків), а також дію сполук рослинного походження чи грибів (альфа-аманітин,

Таблиця 2. (продовження)

Біологічна хімія (3 курс) (забезпечувальні елементи навчання)	Токсикологічна та судова хімія (4 курс) (забезпечувані елементи навчання)
6. Мати уявлення про типи реакцій перетворення ксенобіотиків, зокрема лікарських засобів у організмі людини, які зумовлюють підсилення чи зміну їх фармакологічної активності, утворення токсичних метаболітів.	Враховувати можливість перебігу так званих «реакцій летального синтезу» при інтерпретації результатів хіміко-токсикологічного аналізу. Наприклад, нетоксична фтороцтова кислота в організмі людини перетворюється на токсичну фторлімонну кислоту).
7. Знати типи біохімічних реакцій, які забезпечують перебіг I-ї (фаза хімічної модифікації) стадії біотрансформації ксенобіотиків в організмі людини, зокрема типи реакцій мікросомального окислення та особливості функціонування мікросомальних монооксигенази.	Знати реакції I-ї стадії біотрансформації в організмі людини конкретних, передбачених робочою програмою, екзогенних токсинів та «лікарських отрут» та проводити виявлення метаболітів цих ксенобіотиків у біорідинах організму, зокрема в сечі.
8. Мати уявлення про генетичний поліморфізм та індукцибельність синтезу цитохрому P-450, сполуки індуктори та інгібітори мікросомальних монооксигеназ.	Пояснювати випадки ідіосинкразії з ознаками інтоксикації, які пов'язані з спадковими дефектами генів, що кодують певні множинні форми цитохрому P-450.
9. Знати типи біохімічних реакцій, які забезпечують перебіг II-ї (фаза кон'югації) стадії біотрансформації ксенобіотиків в організмі людини, а також ферменти, які їх каталізують (УДФ-глюкуроніл-трансфераза, глутатіон-S-трансфераза, ацетилтрансфераза, сульфотрансфераза, метилтрансфераза)	Знати реакції II-ї стадії біотрансформації в організмі людини конкретних, передбачених робочою програмою ксенобіотиків та «лікарських отрут» та вміти провести виявлення метаболітів цих ксенобіотиків у біорідинах організму, зокрема в сечі.
10. Знати реакції метаболізму барбітуратів та ферменти, які їх каталізують; вміти пояснити порушення толерантності організму до барбітуратів з урахуванням того, що вони є індукторами синтезу цитохрому P-450 та УДФ-глюкуронілтрансферази.	Давати хіміко-токсикологічну характеристику барбітуратів (фенобарбітал, гексобарбітал тощо) та виявляти хімічними методами в сечі метаболіти цих лікарських засобів при отруєнні ними.
11. Знати сполуки, які є інгібіторами транспорту електронів у дихальному ланцюгу (ротенон, барбітурати, пірицидин А, антимицин А, димеркаптол, CO, H <sub>2</sub> S, CN <sup>-</sup> ); вміти пояснити механізм інгібуючої дії ціанідів щодо активності цитохромоксидази дихального ланцюга мітохондрій.	Давати хіміко-токсикологічну характеристику синильної кислоти та її солей; вміти провести виявлення HCN та її солей у досліджуваних зразках; вміти пояснити механізм розвитку гіпоксії при отруєнні ціанідами.
12. Пояснювати механізм неконкурентного блокування HS-груп білків-ферментів за дії катіонів важких металів (ртуті, вісмуту, плюмбуму, арсенатів тощо).	Обґрунтовувати доцільність використання антидотів, що належать до меркаптосполук (унітіолу, цистеїну, диметилцистеїну) при отруєнні йонами важких металів.

Розділ 3. Природничі та математичні дисципліни в медичній освіті  
 Section 3. Natural and mathematical disciplines in medical education

Таблиця 2. (продовження)

Біологічна хімія (3 курс) (забезпечувальні елементи навчання)	Токсикологічна та судова хімія (4 курс) (забезпечувані елементи навчання)
<p>13.Знати біологічну роль і добові потреби мікроелементів для організму людини; значення металів у функціонуванні ферментів (Se-для глутатіонпероксиази; Mg<sup>2+</sup> для гексокінази, Mg<sup>2+</sup> і K<sup>+</sup>-для піруваткінази; Mo<sup>6+</sup> - для ксантин-оксидази, Zn<sup>2+</sup> і Cu<sup>2+</sup>-для супероксид-дисмутази; Mn<sup>2+</sup> - для аргінази; Zn<sup>2+</sup>-для карбоксипептидази А; йони Cu<sup>2+</sup> необхідні для функціонування церулоплазміну, цитохромоксидази, лізілоксидази тощо) та інших сполук (кобальт входить до складу вітаміну В12; ферум – до складу гемуглобіну, міоглобіну, каталази, цитохромів); знати типові симптоми мікроелементозів.</p>	<p>Давати характеристику групи речовин, які ізолюються із об'єктів шляхом мінералізації біоматеріалу, так званих «металевих отрут» (хрому, цинку, мангану, купруму, барію, вісмуту, кадмію, плумбуму, миш'яку, талію, аргентуму), їх метаболізм у організмі людини. Знати методи якісного та кількісного визначення «металевих отрут» та вміти виявляти метали в біоматеріалі при інтоксикаціях ними та обґрунтувати необхідність попередньої мінералізації органічних сполук при проведенні дослідження на «металічні отрути»; при інтерпретації результатів хіміко-токсикологічного аналізу враховувати наявність металів/мікроелементів в організмі, як сполук необхідних для життєдіяльності людини.</p>
<p>14.Знати реакції метаболізму, що забезпечують в організмі утворення NH<sub>3</sub> та H<sub>2</sub>S; вміти пояснити механізм нейротоксичної дії аміаку; вміти провести визначення вмісту аміаку (амонійних солей) у сечі пацієнтів та дати клінічну оцінку отриманих результатів.</p>	<p>Давати хіміко-токсикологічну характеристику отруєнь NH<sub>3</sub> та H<sub>2</sub>S. Враховувати при проведенні хіміко-токсикологічних досліджень, що NH<sub>3</sub> та H<sub>2</sub>S утворюються під час гниття трупного матеріалу, тому перш ніж приступити до визначення аміаку у витяжках із біоматеріалу їх спершу треба дослідити на наявність сірководню.</p>
<p>15.Тракувати біохімічний механізм розвитку гіпоксії при отруєнні оксидом карбону (II), вміти обґрунтувати доцільність гіпербаричної оксигенації при отруєнні СО для запобігання летальних наслідків, вміти пояснити механізм блокування активності цитохром оксидази дихального ланцюга при отруєнні чадним газом.</p>	<p>Знати ознаки отруєння організму оксидом карбону (II), вміти виявити карбоксигемоглобін у крові, як доказ отруєння організму чадним газом, зокрема за допомогою спектрального та спектрофотометричного методів дослідження.</p>
<p>16.Знати механізм утворення метгемоглобіну в організмі людини та про його здатність до зв'язування ціанідів при їх потрапленні до організму людини; вміти пояснити розвиток мет-гемоглобінемії при отруєнні нітритами, нітратами, аніліном та іншими окиснювачами, а також при нестачі метгемоглобінредуктази, глюкозо-6-фосфатдегідрогенази та каталази.</p>	<p>Пояснювати причини розвитку гіпоксії та інших ознак отруєння нітритами та нітратами через утворення метгемоглобіну та обґрунтувати доцільність використання препаратів-метгемоглобіноутворювачів при отруєнні ціаністим калієм; демонструвати навички визначення вмісту метгемоглобіну в крові при отруєнні сильними окиснювачами, зокрема при отруєнні нітратами.</p>
<p>17.Знати біологічну роль йоду в організмі людини; знати біологічну роль та механізм дії йодтиронінів; вміти написати реакції їх синтезу в організмі людини, прояви їх надлишку та дефіциту в організмі; вміти пояснити механізм роз'єднання процесів тканинного дихання й окиснювального фосфоритування при гіпертиреозі.</p>	<p>Давати токсикологічну характеристику йодидів; пояснити причини розвитку гіпертермії, як наслідок роз'єднання тканинного дихання й окиснювального фосфоритування при гіперпродукції йодтиронінів та надмірному надходженні в організм йодумісних препаратів; хіміко-токсикологічні методи ідентифікації йодидів у досліджуваному матеріалі.</p>
<p>18.Знати біологічну роль фтору, структуру та функції фтор апатитів, зміни структури кісткової тканини та твердих тканин зуба при дефіциті фтору в організмі та при флюорозі.</p>	<p>Давати токсикологічну характеристику фторидів, ознаки отруєння цими сполуками, хіміко-токсикологічні методи їх ідентифікації.</p>



Розділ 3. Природничі та математичні дисципліни в медичній освіті  
 Section 3. Natural and mathematical disciplines in medical education

Таблиця 2. (продовження)

Біологічна хімія (3 курс) (забезпечувальні елементи навчання)	Токсикологічна та судова хімія (4 курс) (забезпечувані елементи навчання)
19.Знати біохімічні механізми утворення та знешкодження етанолу в організмі людини, ферментні системи детоксикації етилового спирту; вміти пояснити біохімічний механізм розвитку алкоголізму та принцип дії препаратів, що викликають відразу до алкоголю шляхом пригнічення активності альдегід-дегідрогенази (тетурам).	Давати хіміко-токсикологічну характеристику етилового спирту; вміти провести дослідження на виявлення етанолу в організмі; поширювати серед населення інформацію про шкідливість алкоголю, вміти надавати допомогу пацієнту при гострому отруєнні етиловим спиртом
20.Знати біохімічний механізм утворення формальдегіду в організмі людини при отруєнні метанолом; вміти обґрунтувати доцільність призначення високих доз етанолу при отруєнні метанолом враховуючи абсолютну субстратну специфічність ферменту алкоголь-дегідрогенази.	Давати хіміко-токсикологічну характеристику метанолу та формальдегіду; вміти пояснити причини розвитку ознак інтоксикації організму при отруєнні ними; демонструвати навички виявлення формальдегіду в біологічному матеріалі.
21.Знати біохімічний механізм утворення фенолу при гнитті тирозину; вміти написати реакцію знешкодження фенолу в печінці шляхом глюкуронової кон'югації з утворенням фенол-О-глюкуронідів.	Давати хіміко-токсикологічну характеристику фенолу; провести виявлення фенолу в досліджуваних зразках.
22.Знати особливості метаболізму саліцилової кислоти та її похідних, барбітурової кислоти та її похідних, ферменти, що забезпечують цей процес.	Давати хіміко-токсикологічну характеристику отруєння саліцилатами та барбітуратами, особливості елімінації метаболітів барбітуратів різної тривалості дії; вміти виявити їх метаболіти в сечі.
23.Вміти написати реакції кетогенезу, пояснити причини розвитку кетонемії та кетонурії (цукровий діабет, голодування), демонструвати навички виявлення ацетону в сечі.	Давати хіміко-токсикологічну характеристику ацетону, виявити ацетон в сечі. При інтерпретації результатів хіміко-токсикологічного аналізу враховувати, що наявність ацетону в сечі може бути не тільки при отруєнні ацетоном.
24.Писати реакції метилювання ізоніазиду в організмі людини та пояснювати механізм розвитку нестачі вітамінів РР та В6 при його вживанні в якості протитуберкульозного засобу.	Давати хіміко-токсикологічну характеристику похідних гідразину нікотинової кислоти, особливості його метаболізму та вміти виявити метаболіти ізоніазиду в сечі.
25.Пояснювати механізм конкурентного інгібування активності ферменту тимідилатсинтази за дії 5-фторурациду.	Знати метаболізм 5-фторурацилу, ознаки інтоксикації при введенні надмірних доз цього протипухлинного засобу.
26.Знати структуру, функції та особливості метаболізму пуринів, вміти визначити в сироватці крові та сечі вміст сечової кислоти та дати клінічну оцінку отриманих результатів з урахуванням приймання лікарських засобів.	Давати хіміко-токсикологічну характеристику й особливості біотрансформації ксенобіотиків, в тому числі фармпрепаратів похідних ксантину (кофеїн, теофілін, теобромін); вміти виявити їх метаболіти в сечі при отруєннях.
27.Пояснювати біохімічний механізм незворотного інгібування активності ферменту ацетилахолінестерази за дії фосфорорганічних сполук (ковалентна модифікація шляхом фосфорилювання залишків серину в її активному центрі).	Знати симптоми та стадії отруєння фосфорорганічними сполуками (ФОС), особливості їх метаболізму; давати хіміко-токсикологічну характеристику ФОС, зокрема пестицидів (хлорофос, карбофос, актелік тощо) та бойових отрут (зарин, зоман); вміти надати допомогу при отруєнні ФОС.

що є отрутою блідої поганки гальмує РНК-полімеразу-В(синтезпре-м-РНК), а алкалоїди барвінку малого-процесінг) [1,2,8].

При вивченні модулю №2 із «Токси-

кологічної та судової хімії» розглядаючи алкалоїди та їх синтетичні аналоги студенти, зокрема пригадують із біохімії про вплив теофіліну та кофеїну на активність

Розділ 3. Природничі та математичні дисципліни в медичній освіті  
Section 3. Natural and mathematical disciplines in medical education

фосфодіестрези цАМФ та метаболічні процеси в організмі людини (наприклад, при отруєнні кофеїном пригнічується синтез глікогену), механізм нейродегенеративних змін у мозку при введенні високих доз скополаміну, вплив стрихніну на метаболізм пірвіноградної кислоти, тощо.

У модулі №2 із біологічної хімії вивчаються основні типи реакцій, які забезпечують I-шу фазу метаболізму ліків (фаза хімічної модифікації, під час якої відбуваються реакції, що забезпечують реакції утворення полярних груп, зокрема реакції гідроксилювання) та II-гу (фаза кон'югації, яку забезпечують ферменти класу трансфераз). При цьому, особливу увагу приділяється системі мікросомального окиснення, ролі цитохрому P-450 та препаратом, які є індукторами чи інгібіторами цитохрому P-450, а також так званим ферментам «лікарського метаболізму» – трансферазам, які забезпечують глюкуронову, сульфатну та глутатіонову кон'югацію, реакції ацетилювання та метилювання під час детоксикації ксенобіотиків та в процесі метаболізму лікарських засобів. Увага студентів акцентується також на тому, що у процесі метаболізму ліків може відбуватися як втрата їх фармакологічної активності, так і її посилення чи навіть, зміна фармакологічної спрямованості препаратів. При цьому наводяться приклади конкретних препаратів (наприклад, перетворення кодеїну на морфін, метаболізм сульфамідів, саліцилатів, барбітуратів тощо). Ці знання необхідні для засвоєння розділу «Синтетичні лікарські засоби» у курсі «Токсикологічної та судової хімії» [7,8].

У курсі «Біологічної хімії» розглядаються механізм спиртового бродіння, особливості метаболізму етилового спирту в організмі людини, біохімічні зміни, які виникають при гострому чи хроніч-

ному отруєнні етанолом, а також біохімічний аспект обґрунтування використання високих доз етилового спирту при отруєнні метиловим; біохімічні механізми дії препаратів, які викликають відразу до алкоголю і використовуються в лікуванні хронічного алкоголізму [1,2,8].

Систематичний підхід до підтримання вертикальної міждисциплінарної інтеграції сприятиме формуванню у студентів цілісного сприйняття та здійсненню основних принципів навчання у вищому навчальному закладі – отриманню ґрунтовних знань і вмінню використовувати їх на практиці в повсякденній професійній діяльності, а застосування міждисциплінарних технологій підготовки фахівців сприятиме якісно новому рівню професійного мислення, здатності комплексно вирішувати практичні професійні завдання, базуючись на постійному інтегруванні знань, умінь та навичок із різних дисциплін [14,17,18,19,20,22].

Підсумовуючи вищезазначене не можна погодитися з дослідниками даної тематики щодо важливості міждисциплінарного інтегрування та твердження про те, що реалізація принципів міждисциплінарної інтеграції вимагає від викладача глибоких знань не лише предмета який він викладає, але й багатьох інших навчальних дисциплін, зокрема предметів фахової підготовки студентів-фармацевтів [10].

Також слід зазначити, що постійне використання принципів міждисциплінарної інтеграції при викладанні таких навчальних дисциплін системи підготовки магістрів фармації, як «Біологічна хімія» і «Токсикологічна та судова хімія» сприяє підвищенню їх мотивації до навчання через усвідомлення значимості навчального матеріалу кожної з дисциплін для формування необхідних для майбутньої професійної діяльності компетентностей.

## Висновки

1. Міжнавчальними дисциплінами «Біологічна хімія» і «Токсикологічна та судова

хімія» існує тісний міждисциплінарний зв'язок.

2. Виокремлено 27 забезпе-

Розділ 3. Природничі та математичні дисципліни в медичній освіті  
Section 3. Natural and mathematical disciplines in medical education

чувальних елементів навчання з курсу «Біологічна хімія», які необхідні для опанування навчального матеріалу «Токсикологічна та судова хімія».

3. Результати навчання, набуті студентами-фармацевтами під час вивчення «Біологічної хімії» є підґрунтям для опанування курсу «Токсикологічної та судової хімії», а викладання навчально-

го матеріалу обох дисциплін необхідно здійснювати в постійному інтегративному зв'язку задля поглиблення знань і вмінь студентів-фармацевтів, розвитку їх професійного мислення й ерудиції, формування необхідних базових і професійних (фахових) компетентностей майбутніх фахівців фармацевтичної галузі.

### Список використаних джерел

1. Вороніна ЛМ, Десенко ВФ. Біологічна хімія. Харків: «Основа» НФаУ; 2000. с. 47-8.
2. Біохімія: підручник/за ред. Проф. А.Л. Загайка, проф. К.В. Александрової, Вінниця: Нова книга, 2014.-811с
3. Гуменна ІР, Нахаєва ЯМ, Шацький ВВ. Використання міждисциплінарного підходу до формування академічної комунікативної компетенції студентів медичних закладів вищої освіти. Мед. освіта [Інтернет]. 16 груд. 2021 [цитовано 20 трав. 2024];(3):87-91. Доступно на: <https://doi.org/10.11603/m.2414-5998.2021.3.12601>
4. Карпець МВ. Міждисциплінарна інтеграція – основа професійної спрямованості навчання. Світ медицини та біології. 2016;4(58):144-7.
5. Козолуп МС. Міждисциплінарний підхід до формування академічної комунікативної компетенції у студентів природничих спеціальностей в університетах США. Наук. вісн. Ужгор. нац. ун-ту. Серія Педагогіка соц. робота . 2014;(30):60-2.
6. Рождественський ЕЮ, Кривобок АГ, та ін. Міждисциплінарна інтеграція викладання біоорганічної хімії в медичному університеті. Укр. мед. стоматол. акад. 2009;9(4 (ч,3)):249-51.
7. Волошук НІ, Іваниця АО, Таран І. Міждисциплінарна інтеграція як фактор удосконалення викладання фармакології у медичному виші. Мед. освіта. 2016;4:8-11.
8. Ніженковська ІВ, Вельчинська ОВ, Кучер ММ. Токсикологічна хімія. Київ: Вища школа; 2011. 406 с.
9. Паласюк БМ, Шкільна М. Міждисциплінарна інтеграція – основа професійної спрямованості навчання у медичному закладі вищої освіти. Мед. освіта [Інтернет]. 2 лют. 2022 [цитовано 20 трав. 2024];(4):42-6. Доступно на: <https://doi.org/10.11603/m.2414-5998.2021.4.12689>
10. Першко ОІ, Тодосійчук НА. Міждисциплінарна інтеграція при викладанні біохімії у фармацевтичному коледжі на прикладі теми «вступ до обміну речовин та енергії». Мед. освіта [Інтернет]. 15 жовт. 2020 [цитовано 20 трав. 2024];(3):49-55. Доступно на: <https://doi.org/10.11603/me.2414-5998.2020.3.10772>
11. Робоча програма навчальної дисципліни «Біологічна хімія» для студентів фармацевтичного факультету, спеціальності 226 «Фармація, промислова фармація», рівень вищої освіти: другий (магістерський) рівень на 2023-2024 н.р., БДМУ.
12. Робоча програма навчальної дисципліни «Токсикологічна та судова хімія» для студентів фармацевтичного факультету, спеціальності 226 «Фармація, промислова фармація», рівень вищої освіти: другий (магістерський) рівень на 2023-2024 н.р., БДМУ.
13. МОН України. 981. Стандарт вищої освіти, другий (магістерський) рівень вищої освіти, галузь знань 22 Охорона здоров'я, спеціальність 226 Фармація, промислова фармація, спеціалізації 226.01 Фармація; 226.02 Промислова фармація/Затверджено та введено в дію наказом МОН України.; 2002.
14. Шульгай АГ, Федонюк ЛЯ, Мудра АЄ, Олещук ОМ. Міждисциплінарна інтеграція як складова проблемно-орієнтованого навчання у медичному університеті. Мед. освіта [Інтернет]. 24 верес. 2018 [цитовано 20 трав. 2024];(4):113-6. Доступно на: <https://doi.org/10.11603/me.2414-5998.2018.4.9342>
15. Atwa HS, Gouda EM. Curriculum Integration in Medical Education: A Theoretical Review [Internet]. Vol. 2, Intellectual Property Rights: Open Access. OMICS Publishing Group; 2014. Available from: <http://dx.doi.org/10.4172/2375-4516.1000113>
16. Golding C. Integrating the disciplines: Successful interdisciplinary subjects. Cent Study High Educ Univ Melb. 2009;27 p.
17. Quintero GA, Vergel J, Arredondo M, Ariza MC, Gómez P, Pinzon-Barrios AM. Integrated Medical Curriculum: Advantages and Disadvantages. J Med Educ Curric Dev [Інтернет]. Січ. 2016 [цитовано 20 трав. 2024];3:JMECD.S18920. Доступно на: <https://doi.org/10.4137/jmeecd.s18920>
18. Kohn KP, Underwood SM, Cooper MM. Connecting Structure-Property and Structure-Function Relationships across the Disciplines of Chemistry and Biology: Exploring Student Perceptions. CBE Life Sci Educ [Інтернет]. Черв. 2018 [цитовано 20 трав. 2024];17(2):ar33. Доступно на: <https://doi.org/10.1187/cbe.18-01-0004>

Розділ 3. Природничі та математичні дисципліни в медичній освіті  
Section 3. Natural and mathematical disciplines in medical education

19. Loftus S. Understanding Integration in Medical Education. *Med Sci Educ* [Інтернет]. 8 лип. 2015 [цитовано 20 трав. 2024];25(3):357-60. Доступно на: <https://doi.org/10.1007/s40670-015-0152-4>
20. Butnariu M, Sarac I. Interdisciplinary Character of Biochemistry and Analytical Biochemistry. *Biochem Amp Anal Biochem* [Інтернет]. 2018 [цитовано 22 трав. 2024];07(04). Доступно на: <https://doi.org/10.4172/2161-1009.1000367>
21. Yoho R, Foster T, Urban-Lurain M, Merrill J, Haudek KC. Interdisciplinary insights from instructor interviews reconciling "structure and function" in biology, biochemistry, and chemistry through the context of enzyme binding. *Discip Interdiscip Sci Educ Res* [Інтернет]. Груд. 2019 [цитовано 20 трав. 2024];1(1). Доступно на: <https://doi.org/10.1186/s43031-019-0016-7>
22. Yoho R, Urban-Lurain M, Merrill J, Haudek K. Structure and Function Relationships in the Educational Expectations of Professional Societies Across the STEM Disciplines [Internet]. Vol. 47, *Journal of College Science Teaching*. Informa UK Limited; 2018. p. 24–31. Available from: [http://dx.doi.org/10.2505/4/jcst18\\_047\\_06\\_24](http://dx.doi.org/10.2505/4/jcst18_047_06_24)

## References

1. Biological chemistry / [L. M. Voronina, V. F. Desenko, etc.]. - Kh.: "Osnova" Publishing House of the National Academy of Sciences, 2000. - P. 47–48.
2. Biochemistry: textbook/ed. Prof. A.L. Zagayka, Prof. K.V. Aleksandrovoi, Vinnytsia: New book, 2014.-811p.
3. Humenna I.R., Nakhaeva Y.M., Shatskyi V.V. The use of an interdisciplinary approach to the formation of academic communicative competence of students of medical institutions of higher education//*Medical chemistry*.-2021.-№3.- P.87-91. DOI [10.11603/m.2414-5998.2021.3.12601](https://doi.org/10.11603/m.2414-5998.2021.3.12601).
4. Karpets M. V. Interdisciplinary integration - the basis of professional orientation of education // *World of medicine and biology*. - 2016. - No. 4 (58). - P. 144-147.
5. Kozolup M. S. An interdisciplinary approach to the formation of academic communicative competence in students of natural sciences at universities in the USA / M. S. Kozolup // *Scientific Bulletin of the Uzhhorod National University. Series "Pedagogy, social work"*. - 2014. - Issue 30. - pp. 60–62.
6. Interdisciplinary integration of teaching bioorganic chemistry at a medical university/E.Yu. Rozhdestvenskyi, M.S. Sydun, A.G. Kryvobok [etc.]// *Act. problem modern medicine: Journal Ukraine honey.stomatol.Academy*.-2009.- Vol.9,issue 4 (part 3). - P. 249-251.
7. Interdisciplinary integration as a factor in improving the teaching of pharmacology in a medical university/ N.I. Voloshchuk, O.S. Pashinska, A.O. Ivanytsia A.O., I.V. Taran//*Medical education*.-2016, No. 4. - P.8-11.
8. Nizhenkovska I.V., Velchynska O.V., Kucher M.M. *Toxicological chemistry*. -K.: Higher School, 2011.- 406p.
9. Palasyuk B.M., Shkilna M.I. Interdisciplinary integration is the basis of the professional orientation of education in a medical institution of higher education//*Medical education*. -2021,-№4.-P.42-46. DOI [10.11603/m.2414-5998.2021.4.12689](https://doi.org/10.11603/m.2414-5998.2021.4.12689).
10. Pershko O.I., Todosiichuk N.A. Interdisciplinary integration in the teaching of biochemistry at the college of pharmacy using the example of the topic "Introduction to metabolism of substances and energy"//*Medical education*.-2020, No. 3. - P. 49-55. DOI [10.11603/me.2414-5998.2020.3.10772](https://doi.org/10.11603/me.2414-5998.2020.3.10772).
11. Work program of the study discipline "Biological Chemistry" for students of the Faculty of Pharmacy, specialty 226 "Pharmacy, Industrial Pharmacy", level of higher education: second (master's) level for 2023-2024, BSMU.
12. Work program of the academic discipline "Toxicological and Forensic Chemistry" for students of the Faculty of Pharmacy, specialty 226 "Pharmacy, Industrial Pharmacy", level of higher education: second (master's) level for 2023-2024, BSMU.
13. Standard of higher education, second (master's) level of higher education, field of knowledge 22 Health care, specialty 226 Pharmacy, industrial pharmacy, specializations 226.01 Pharmacy; 226.02 Industrial pharmacy/Approved and put into effect by the order of the Ministry of Education and Culture of Ukraine dated November 4, 2022 No. 981.
14. Shulgai A. G., Fedonyuk L. Ya., Mudra A. E., Oleschuk O. M. Interdisciplinary integration as a component of problem-oriented learning at a medical university // *Medical education*. - 2018, No. 4. - P. 113-116 (DOI [10.11603/me.2414-5998.2018.4.9342](https://doi.org/10.11603/me.2414-5998.2018.4.9342)).
15. Atwa H. S. Curriculum integration in medical education: A theoretical review / H. S. Atwa, E. M. Gouda // *Intel. Prop.Rights*. - 2014. - 2. - P. 113. DOI: <https://doi.org/10.4172/2375-4516.1000113>.
16. Golding C. Integrating the disciplines: Successful interdisciplinary subjects/ C. Golding. - Centre for the Study of Higher Education, University of Melbourne, 2009. - 27 p.
17. Integrated medical curriculum: advantages and disadvantages / G. A. Quintero, J. Vergel, M. Arredondo [etal.] // *J. Med. Educ Curric*. - 2016. - Vol. 3. - P. 133–137. DOI: <https://doi.org/10.4137/JMECD.S18920>.
18. Kohn, K. P., Underwood, S. M., & Cooper, M. M. (2018). Connecting structure property and structure-function relationships across the disciplines of chemistry and biology: exploring student perceptions. *CBE – Life Sciences Education*, 17, ar33 1–15. <https://doi.org/10.1002/cbe.10000>

Розділ 3. Природничі та математичні дисципліни в медичній освіті  
Section 3. Natural and mathematical disciplines in medical education

[doi.org/10.1187/cbe.18-01-0004](https://doi.org/10.1187/cbe.18-01-0004).

19. Loftus S. Understanding integration in medical education / S. Loftus // Med. Sci. Educ. – 2015. – 25. – P. 357–60. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40670-015-0152-4>.
20. Butnariu M, Sarac I (2018) Interdisciplinary Character of Biochemistry and Analytical Biochemistry. Biochem Anal Biochem 7: 367. doi:[10.4172/2161-1009.1000367](https://doi.org/10.4172/2161-1009.1000367)
21. Yoho et al. Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research (2019) 1:16 <https://doi.org/10.1186/s43031-019-0016-7>.
22. Yoho, R. A., Urban-Lurain, M., Merrill, J., & Haudek, K. C. (2018). Structure and function relationships in the educational expectations of professional societies across the STEM disciplines. Journal of College Science Teaching, 47(6), 24–31.