

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Кафедра біохімії імені академіка М.Ф. Гулого



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Проректор факультету ветеринарної медицини

Микола Цвіліховський

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

«СХВАЛЕНО»

на засіданні кафедри біохімії  
ім. акад. М.Ф. Гулого

протокол № 12 від «14» 05 2024 р.

Завідувач кафедри

Віктор Томчук

«РОЗГЛЯНУТО»

Гарант ОП «Біологія»

Гарант ОП

Лілія Калачнюк

РОБОЧА ПРОГРАМА  
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**ФІЗИКО-ХІМІЧНІ МЕТОДИ БІОХІМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

Галузь знань 09 «Біологія»

Спеціальність 091 «Біологія та біохімія»

Освітня програма «Біологія»

Факультет ветеринарної медицини

Розробники: доцент, к.б.н., доцент В.І. Цвіліховський, професор, д.б.н., професор  
Л.Г. Калачнюк,

(посада, науковий ступінь, вчене звання)

Київ – 2024 р.

**Опис навчальної дисципліни**

**ФІЗИКО-ХІМІЧНІ МЕТОДИ БІОХІМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

(назва)

<b>Галузь знань, спеціальність, освітня програма, освітній ступінь</b>		
Галузь знань	09 Біологія	
Освітній ступінь	доктор філософії	
Спеціальність	091 «Біологія та біохімія»	
Освітньо-наукова програма	Біологія	
<b>Характеристика навчальної дисципліни</b>		
Вид	вибіркова	
Загальна кількість годин	180	
Кількість кредитів ECTS	6	
Кількість змістових модулів	Не передбачено	
Курсовий проект (робота) (за наявності)	Не передбачено	
Форма контролю	екзамен	
<b>Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм здобуття вищої освіти</b>		
	Денна форма здобуття вищої освіти	Заочна форма здобуття вищої освіти
Курс (рік підготовки)	1	1
Семестр	2	2
Лекційні заняття	30 год.	12 год.
Практичні, семінарські заняття	год.	год.
Лабораторні заняття	30 год.	12 год.
Самостійна робота	120 год.	156 год.
Кількість тижневих аудиторних годин для денної форми здобуття вищої освіти	4 год.	6 год.

## **1. Мета, завдання, компетентності та програмні результати навчальної дисципліни**

Предметом дисципліни «Фізико-хімічні методи біохімічних досліджень» є питання класичних і сучасних практичних підходів, способів і методів вивчення метаболічних процесів за різних фізіологічних станів живих організмів.

**Мета** дисципліни «Фізико-хімічні методи біохімічних досліджень» - сформувані в аспірантів цілісну систему знань використання методів і методичних підходів у біохімічних дослідженнях біооб'єктів.

**Завдання** курсу «Фізико-хімічні методи біохімічних досліджень» вивчити основні методи біохімічних досліджень обміну речовин та основи класичних і сучасних методів визначення біохімічних показників біологічного матеріалу, за якими можна охарактеризувати можливі зміни метаболічних процесів.

**Набуття компетентностей:** *інтегральна компетентність* - здатність розв'язувати комплексні завдання в галузі біології у процесі проведення дослідницько-інноваційної діяльності, що передбачає переосмислення наявних та створення нових цілісних знань, оволодіння методологією наукової та науково-педагогічної діяльності, проведення самостійного наукового дослідження, результати якого мають наукову новизну, теоретичне та практичне значення і інтегруються у світовий науковий простір через публікації; здатність генерувати нові науково-теоретичні та практично спрямовані ідеї, розробляти та реалізовувати наукові проекти і програми у галузі біології з вирішення як загальнобіологічних проблем, так і коригування стану біооб'єктів за дії речовин природного і синтетичного походження, біологічно активних речовин та застосування їх у практиці сільського господарства, охорони природи, ветеринарних наук, біомедицини і зооінженерії, а також впровадження інноваційних технологій у професійну діяльність; *загальні компетентності* - знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності; *фахові компетентності* - здатність виявляти, формулювати та вирішувати проблеми дослідницького характеру в галузі біології, оцінювати та забезпечувати якість досліджень, які проводять; здатність до ретроспективного аналізу наукового доробку у напрямі дослідження біохімічних процесів у живих організмах.

**Програмні результати навчання:** планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з біології та дотичних міждисциплінарних напрямів з використанням сучасного інструментарію, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших

дослідників у контексті всього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми.

## **2. Програма та структура навчальної дисципліни для:**

– повного терміну денної (заочної) форми здобуття вищої освіти;

### **Тема лекційного заняття 1. Об'ємно-аналітичні методи біохімічних досліджень**

В основі кількісного хімічного аналізу лежить проведення хімічних реакцій між зразком, який досліджується, та підібраними та приготовленими реактивами. За кількістю витрачених реактивів або за кількістю здобутих продуктів реакції розраховують склад аналізованого зразка.

Хімічний аналіз поділяють на *ваговий та об'ємний*.

Ваговий (*гравіметричний*) аналіз базується на повному (кількісному) виділенні будь-якого компонента з аналізованого зразка у вигляді певної речовини з наступним точним зважуванням.

Об'ємний (*титриметричний*) аналіз ґрунтується на точному визначенні об'єму розчину речовини (відомої концентрації), який необхідний для повного перебігу реакції з даним об'ємом досліджуваного розчину. Кількість речовини у розчині визначають титруванням – до розчину з аналізованою речовиною поступово приливають розчин з точно відомою концентрацією речовин. Кінцеву точку титрування (*точку еквівалентності*) визначають за використання індикаторів чи фізико-хімічними методами (за електропровідністю, світлопропусканням тощо). За кількістю робочого розчину, що пішов на титрування, розраховують результати аналізу.

### **Тема лекційного заняття 2. Електрохімічні методи біохімічних досліджень**

*Електрохімічні методи аналізу (ЕХМА)* – група методів кількісного хімічного аналізу, в основі яких лежать електрохімічні процеси. Для них характерні висока чутливість і селективність, швидкість відгуку на зміну складу аналізованого об'єкта, легкість автоматизації та можливість дистанційного управління. І, нарешті, вони не вимагають дорогого аналітичного устаткування і можуть застосовуватися в лабораторних і виробничих умовах.

Електрохімічні методи аналізу засновані на дослідженні процесів, що протікають на поверхні електрода або в приелектродних просторі. Аналітичним сигналом служить електричний параметр (електричний потенціал, сила струму, опір та ін.), який піддається вимірюванню. За вимірюваним електричним параметром системи, ЕХМА поділяють на *потенціометрію* (вимірюють  $E$ ,  $V$  при  $I=0$   $A$ ), *вольтамперометрію* (вимірюють  $I$ ,  $A$  як функцію від накладеного ззовні  $E$ ,  $V$ ), *кулонометрію* (вимірюють  $Q$ ,  $Cл$  при  $I=const$  або  $E=const$ ), *кондуктометрію* (вимірюють  $W$ ,  $Cм$  або  $Om^{-1}$ ). Деякі електрохімічні методи використовуються для визначення кінцевої точки титрування (*амперметричне титрування, кондуктометричне титрування, кулонометричне титрування*).

### **Тема лекційного заняття 3. Спектрофотометричні методи біохімічних досліджень**

*Електромагнітне випромінювання оптичного діапазону* – оптичне (світлове) випромінювання – термін поєднує видиме світло, інфрачервоне та ультрафіолетове випромінювання.

До оптичного діапазону відносяться електромагнітні хвилі з довжиною від 100 до 10000 нм, яке розділяють на три області :

- ультрафіолетову (УФ) 100-380 нм;
- видиму 380-760 нм;
- інфрачервону (ІЧ) 760- 10000 нм.

*Світло, як і інші електромагнітні хвилі характеризується частотою, довжиною хвилі, поляризацією та інтенсивністю (визначається амплітудою хвилі). У вакуумі світло розповсюджується зі сталою швидкістю (~300 000 км/с). Швидкість поширення світла в речовині залежить від властивостей речовини і загалом менша від швидкості світла у вакуумі.*

Світло, як електромагнітне випромінювання, має природу частки та хвилі одночасно. Випромінювання і поглинання світла відбувається квантами чи фотонами, енергія яких залежить від частоти:

$$E=h \cdot \nu = h \cdot c / \lambda,$$

де  $E$  – енергія кванта,  $\nu$  – частота випромінювання,  $c$  – швидкість поширення електромагнітної хвилі у вакуумі,  $h$  – постійна Планка ( $6,62 \cdot 10^{-34}$  Дж/с),  $\lambda$  – довжина хвилі.

До молекулярних абсорбційних методів відноситься фотометричний аналіз, який заснований на вимірюванні поглинання світла речовиною. Він включає саме *спектрофотометрію* (метод з використанням монохроматичного світла як у видимій, так і ультрафіолетовій та інфрачервоній частинах оптичного спектру) та *фотоелектроколориметрію* (метод, заснований на вимірюванні інтенсивності вузької смуги поліхроматичного світла у видимій частині оптичного спектру, яку виділяють, зокрема, світлофільтрами).

#### **Тема лекційного заняття 4. Спектро-флуориметричні і рефрактометричні методи біохімічних досліджень**

Здатність поглинати та випромінювати світло ультрафіолетового та видимого діапазонів характерна для багатьох класів речовин: біомолекул (ретинол, хлорофіл, порфірин); органічних барвників (аніліновий синій, ціанові барвники); органічних молекул (тетрациклін, нафталін, пірен) тощо. Поглинання кванта світла молекулою або групою атомів, які знаходяться в основному стані, приводить до утворення збудженого синглетного стану. Збуджені стани молекули є нерівноважними і молекули повертаються до основного стану за участю ряду фотофізичних процесів. Одні з них супроводжуються випромінюванням квантів світла (флуоресценція та фосфоресценція), інші - це безвипромінювальна дисипація енергії у вигляді теплових коливань (внутрішня та інтеркомбінаційна конверсія).

Флуоресцентний метод - високоспецифічний, оскільки спектри збудження та флуоресценції у різних сполук значно відрізняються. Флуоресценцію досліджують на спектрофлуориметрах. Після опромінення (збудження) зразка ( $A, \lambda$ ) сигнал флуоресценції ( $y, \lambda'$ ) реєструють під кутом  $90^\circ$ .

Флуоресцентний аналіз широко використовується при дослідженнях структури білків, нуклеїнових кислот, клітинних мембран, субклітинних органел та клітин

При переході проміння світла з одного прозорого середовища до іншого змінюється напрямок проміння - його заломлення. Методи, які засновані на вимірюванні показника заломлення, називаються рефрактометричними.

Показники заломлення залежать від природи речовини середовища, температури, довжини хвилі світла тощо. Залежність показника заломлення від довжини світлової хвилі називається дисперсією.

Показник заломлення визначається за допомогою приладів, які називаються рефрактометрами. Найчастіше в біохімічних дослідженнях використовують рефрактометри типу Аббе або Пульфриха. Вимірювання цими приладами засновані на визначенні величини граничного кута заломлення.

Визначення величини молекулярної рефракції є одним із методом, який використовується при визначенні складу речовини, структури її молекул. Залежність показника заломлення від складу досліджуваної речовини встановлюється експериментальним шляхом визначення показника заломлення для стандартних зразків, склад яких відомий. На основі одержаних результатів будують калібрувальні криві в координатах: по осі ординат - значення показника заломлення, по осі абсцис - концентрація досліджуваних речовин.

### **Тема лекційного заняття 5. Атомно-абсорбційні та атомно-емісійні спектральні методи біохімічних досліджень.**

*Атомно - спектроскопічні* методи – це методи аналізу, які засновані на вимірюванні енергетичного стану атомів речовин. Вони відрізняються за способом отримання та ресстрації сигналу, а загальним є необхідність попередньої атомізації проб. Атоми речовин, які випаровуються в полум'ї, випромінюють чи поглинають світло певної довжини хвилі. За інтенсивності смуг у спектрі можна визначити кількість окремих хімічних елементів у зразку.

*Атомно – абсорбційна спектроскопія* заснована на поглинанні атомами випромінювання від зовнішнього джерела.

Метод кількісного елементного аналізу по атомних спектрах поглинання (абсорбції) в полум'ї. Атомні пари проби опромінюють в діапазоні 190-850 нм. У результаті поглинання квантів світла атоми переходять у збуджені енергетичні стани. Цим переходам в атомних спектрах відповідають резонансні лінії, які характерні для даного елемента.

Випромінювання потрапляє на вхідну щілину монохроматора, встановленого таким чином, що виділяється із спектру лише резонансна лінія визначуваного елемента, інтенсивність якої вимірюється фотоелектричним способом. Переведення аналізованого об'єкта в атомізований стан і формування поглинаючого шару пару зазвичай здійснюється в полум'ї. Найбільш часто використовують полум'я сумішей ацетилену з повітрям ( 2000 °С) і ацетилену з N<sub>2</sub>O (2700 °С).

*Атомно – емісійна спектроскопія* заснована на випусканні випромінювання атомами, збудженими за використання різних зовнішніх джерел (дуга, іскра, полум'я, плазма).

*Атомно-емісійний спектральний аналіз (АЕСА)* – це метод елементного аналізу речовини, заснований на вивченні спектрів випускання вільний атомів та іонів у газовій фазі в області довжин хвиль 150–800 нм. Перехід у газову фазу здійснюється за використання різних джерел (дуга, іскра, полум'я, плазма).

Пробу досліджуваної речовини вводять в джерело випромінювання, де відбуваються її випаровування, дисоціація молекул і збудження атомів (іонів). Останні випускають характерне випромінювання, яке надходить в ресструючий пристрій спектрального приладу.

### **Тема лекційного заняття 6. Електрофоретичні методи біохімічних досліджень**

*Електрофорез* – це рух заряджених частинок (колоїдних, білкових тощо) у рідкому чи газоподібному середовищі під дією зовнішнього електричного поля.

Білки, нуклеїнові кислоти, полісахариди знаходяться в розчині у вигляді частинок (макромолекул), що за своїми розмірами відповідають колоїдним. Вони несуть певний електричний заряд, оскільки містять групи, які здатні до електролітичної дисоціації. Загальний заряд макромолекул визначається рН середовища. У електричному полі відповідно до свого заряду макромолекули мігрують у напрямку до протилежно зарядженого електроду. Електрофоретична рухливість заряджених часток може бути представлена наступним чином:

$$u = QD/kT - u',$$

де  $u'$  – електроосмотична рухливість,  $Q$  – загальний заряд частинки,  $D$  – коефіцієнт дифузії,  $k$  – константа Больцмана,  $T$  – абсолютна температура.

Основні типи електрофоретичних систем – *фронтальний* електрофорез (метод рухомої межі), *стаціонарний* (ізоелектрофокусування, імуноелектрофорез) електрофорез та *зональний* електрофорез (або *електрофорез на носії*). Однак таке розділення відносно умовне.

В системах першого типу електричне поле накладається на межі між розчином макромолекул та буфером. Швидкість міграції заряджених частинок визначається шляхом спостереження за переміщенням цієї межі.

#### **Тема лекційного заняття 7. Хроматографічні методи біохімічних досліджень**

*Хроматографія* – процес, заснований на багаторазовому повторенні актів сорбції та десорбції речовини при її переміщенні в потоці рухомої фази вздовж нерухомого сорбенту. Розподіл складних сумішей хроматографічним методом засновано на різній сорбції компонентів суміші. При протіканні цього процесу так звана рухома фаза (елюент), що містить аналізовану пробу, переміщується через нерухому фазу. Зазвичай нерухома фаза являє собою речовину з розвиненою поверхнею, а рухлива – потік газу або рідини, що фільтрується через шар сорбенту. При цьому відбувається багаторазове повторення актів сорбції – десорбції, що є характерною особливістю хроматографічного процесу і зумовлює ефективність хроматографічного розділення.

*Якісний хроматографічний аналіз*, тобто ідентифікація речовини по його хроматограмі, може бути виконаний при порівнянні хроматографічних характеристик, найчастіше це *утриманого об'єму* (тобто об'єму рухомої фази, пропущеної через колонку від початку введення суміші до появи даного компонента на виході з колонки), які знаходять при певних умовах для компонентів аналізованої суміші та для еталона.

*Кількісний хроматографічний аналіз* зазвичай проводять на хроматографі. Метод заснований на вимірюванні різних параметрів хроматографічного піка (висоти, ширини, площі і утриманого об'єму), які залежать від концентрації речовин, що визначаються.

У кількісній газовій хроматографії застосовують методи *абсолютного градування* і *внутрішньої нормалізації*, або *нормування*. Використовується також метод *внутрішнього стандарту*. При абсолютному градуванні експериментально визначають залежність висоти або площі піка від концентрації речовини і будують градувальні графіки або розраховують відповідні коефіцієнти. Далі визначають ті ж характеристики піків в аналізованій суміші, і за градувальним графіком знаходять концентрацію аналізованого речовини. Цей простий і точний метод є основним при визначенні мікродомішок.

При використанні методу *внутрішньої нормалізації* беруть суму будь-яких параметрів піків, наприклад суму висот всіх піків або суму їх площ, за 100%. Тоді відношення висоти окремого піка до суми висот або відношення площі одного піку до суми площ при множенні на 100 буде характеризувати масову частку (%) компонента в суміші. При такому підході необхідно, щоб залежність величини вимірюваного параметра від концентрації була однаковою для всіх компонентів суміші.

### Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин													
	денна форма							заочна форма						
	тижні	усього	у тому числі					усього	у тому числі					
			л	п	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Тема 1. Об'ємно-аналітичні методи біохімічних досліджень.	1	14	2		2		10	22	1		1		20	
Тема 2. Електрохімічні методи біохімічних досліджень.	2-3	16	3		3		10	22	1		1		20	
Тема 3. Спектрофотометричні методи біохімічних досліджень.	4-6	30	5		5		20	24	2		2		20	
Тема 4 Спектрофлуориметричні і рефрактометричні методи біохімічних досліджень.	7-9	30	5		5		20	24	2		2		20	
Тема 5. Атомно-абсорбційні та атомно-емісійні спектральні методи біохімічних досліджень.	10-11	30	5		5		20	24	2		2		20	
Тема 6. Електрофоретичні методи біохімічних досліджень.	12-13	30	5		5		20	32	2		2		28	
Тема 7. Хроматографічні методи біохімічних досліджень.	14-15	30	5		5		20	32	2		2		28	
<i>Усього годин</i>		<b>180</b>	<b>30</b>		<b>30</b>		<b>120</b>	<b>180</b>	<b>12</b>		<b>12</b>		<b>156</b>	



### 3. Теми лабораторних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	2	3
1.	Визначення хімічних та біохімічних показників ваговим та титрометричним методами	2
2.	Потенціометричне визначення іонів в розчині та рН-метрія біологічних рідин	3
3.	Визначення біохімічних показників методом спектрофотометрії	5
4.	Визначення біохімічних показників спектрофлуориметричним та рефрактометричним	5
5.	Визначення біохімічних показників атомно-абсорбційним і атомно-емісійними методами	5
6.	Електрофоретичне розділення білків відповідно до їх молекулярної маси у поліакриламідному гелі	5
7.	Визначення біохімічних показників хроматографічними методами	5
<b>Всього</b>		<b>30</b>

### 4. Теми самостійної роботи

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	2	3
1.	Тема 1. Об'ємно-аналітичні методи біохімічних досліджень.	10
2.	Тема 2. Електрохімічні методи біохімічних досліджень.	10
3.	Тема 3. Спектрофотометричні методи біохімічних досліджень.	20
4.	Тема 4. Спектро-флуориметричні і рефрактометричні методи біохімічних досліджень.	20
5.	Тема 5. Атомно-абсорбційні та атомно-емісійні спектральні методи біохімічних досліджень.	20
6.	Тема 6. Електрофоретичні методи біохімічних досліджень.	20
7.	Тема 7. Хроматографічні методи біохімічних досліджень.	20
<b>Всього</b>		<b>120</b>

### 5. Засоби діагностики результатів навчання:

- екзамен;
- реферати.ю презентації;
- захист лабораторних та практичних робіт.

## 6. Методи навчання:

- словесний метод (лекція, дискусія, співбесіда тощо);
- практичний метод (лабораторні, практичні заняття);
- наочний метод (метод ілюстрацій, метод демонстрацій);
- робота з навчально-методичною літературою (конспектування, тезування, анотування, рецензування, складання реферату);
- відеометод (дистанційні, мультимедійні, веб-орієнтовані тощо);
- самостійна робота (виконання завдань);
- індивідуальна науково-дослідна робота здобувачів вищої освіти.

## 7. Методи оцінювання.

- екзамен;
- усне або письмове опитування;
- реферати, есе, презентації;
- захист лабораторних та практичних робіт;
- презентації та виступи на наукових заходах.

8. **Розподіл балів**, які отримують здобувачі вищої освіти. Оцінювання знань здобувача вищої освіти відбувається за 100-бальною шкалою і переводиться в національні оцінки згідно з табл. 1 чинного «Положення про екзамени та заліки у НУБіП України»

Рейтинг здобувача вищої освіти, бали	Оцінка національна та результати складання	
	екзаменів	заліків
90-100	відмінно	зараховано
74-89	добре	
60-73	задовільно	
0-59	незадовільно	не зараховано

Для визначення рейтингу здобувача вищої освіти із засвоєння дисципліни  $R_{\text{дис}}$  (до 100 балів) одержаний рейтинг з атестації (до 30 балів) додається до рейтингу здобувача вищої освіти з навчальної роботи  $R_{\text{нр}}$  (до 70 балів):  $R_{\text{дис}} = R_{\text{нр}} + R_{\text{ат}}$ .

## 9. Навчально-методичне забезпечення

- електронний навчальний курс навчальної дисципліни (на навчальному порталі НУБіП України eLearn - <https://elearn.nubip.edu.ua/course/view.php?id=4945> );
- конспекти лекцій та їх презентації (в електронному вигляді);
- підручники, навчальні посібники, практикуми;
- методичні матеріали щодо вивчення навчальної дисципліни для здобувачів вищої освіти денної та заочної форм здобуття вищої освіти;
- програма навчальної (виробничої) практики навчальної дисципліни (якщо вона передбачена навчальним планом).

## **10. Рекомендовані джерела інформації**

### **Основна література**

1. Гайдукевич О.М., Болотов В.В. та ін. Аналітична хімія. – Харків “Основа”, 2000.–С.358-368.
2. Крамаренко В.П. Токсикологічна хімія. / Підруч.: Пер. з рос. – К.: Вища шк. – 1995. – 423 с.
3. Ковальчук В. В. Основи наукових досліджень [Текст]: Навчальний посібник / В. В. Ковальчук, Л. М. Моїсеєв. - 3-є вид., перероб. і допов. - К. : ВД «Професіонал», 2005. - 240 с.
4. Смик Н.І. Збірник задач з електрохімічних методів аналізу– К.: ВПЦ “Київський університет”, 2006. – 82 с.
5. Харитонов Ю.Я. Аналітична хімія. Кн. 2. - М.: Вища школа.2003. – 345с.
6. Чмиленко Ф.О., Деркач Т.М. Методи атомної спектроскопії: атомно-абсорбційний спектральний аналіз. – Дн-ск:РВВ ДНУ, 2002. – 120 с.

### **Додаткова література**

1. Мельничук Д.О., Грищенко В.А. Роль кислотно-лужного стану та фосфоліпідів молока у формуванні колострального імунітету в новонароджених телят: монографія. – К.: ЦП «Компринт», 2015. – 250с.
2. Використання ліпосом на основі фосфоліпідів молока у гепатології / за ред.. Д.О. Мельничука. - К: Вид. центр НУБіП України, 2010. – 400 с.
3. Цвіліховський В.І. Ліпідний спектр крові перепелів за фонового вмісту охратоксину А в кормі / В.І. Цвіліховський // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. – 2015. – Вип. 221. – С. 155-161.

### **Інформаційні ресурси**

1. US National Library of Medicine National Institutes of Health (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>)
2. The Ukrainian Biochemical Journal (<http://ua.ukrbiochemjournal.org/>)
3. Журнал «Біологія тварин» (<http://www.aminbiol.com.ua/index.php/ua/>)
4. Веб-сторінки ін. наукових журналів
5. Web-сторінки «Вікіпедії» та інших інтернет-ресурсів