

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Інститут високих технологій

кафедра молекулярної біотехнології та біоінформатики



ЗАТВЕРДЖУЮ»

заступник директора

навчальної роботи

Грабчук Г.П.

« 22 » березня 2021 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Внутрішньоклітинна сигналізація

галузь знань 10 «Природничі науки»  
спеціальність 102 «Хімія»  
освітній рівень магістр  
освітня програма Високі технології (хемоінформатика)  
вид дисципліни обов'язкова

Форма навчання денна  
Навчальний рік 2021/2022  
Семестр другий  
Кількість кредитів ECTS 4  
Мова викладання, навчання та оцінювання українська  
Форма заключного контролю залік

Викладач: д.б.н. Данилович Ю.В.

*(Науково-педагогічні працівники, які забезпечують викладання даної дисципліни у відповідному навчальному році)*

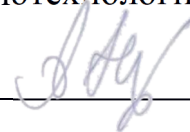
Пролонговано: на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» 20\_\_ р.  
(підпис, ПІБ, дата)

на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» 20\_\_ р.  
(підпис, ПІБ, дата)

Розробник(и): Нипорко О.Ю., канд.біол. наук, доцент кафедри молекулярної біотехнології і біоінформатики

ЗАТВЕДЖЕНО  
Зав. кафедри  
кафедри молекулярної біотехнології і біоінформатики

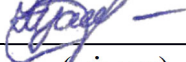
Протокол № 7 від  
5 «лютого» 2021 р.



Нипорко О.Ю.

Схвалено науково-методичною комісією  
Інституту високих технологій

Протокол від «5» березня 2021 року № 3

Голова науково-методичної комісії  Наталя Русінчук  
(підис)

## ВСТУП

### 1. Мета дисципліни :

Сформувати у студентів знання стосовно молекулярних механізмів регуляції метаболічних шляхів і клітинних функцій, забезпечити оволодіння прийомами сучасних досліджень в галузі біології клітини, навичками самостійного планування експериментів.

### 2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни :

*Успішне опанування курсу передбачає застосування теоретичних основ фундаментальних та прикладних знань з біології, хімії, фізіології, інформаційних технологій, а також навички роботи з навчальною і науковою літературою.*

### 3. Анотація навчальної дисципліни

Дисципліна забезпечує професійний розвиток студента, набуття міждисциплінарних знань в галузях біології та хімії, а також спрямована на формування у нього компетенції у сфері розуміння ролі окремих сигнальних молекул, міжмолекулярних взаємодій та шляхів регуляції метаболічних процесів в біологічних феноменах. Особлива увага приділяється молекулярним основам регуляції фундаментальних біологічних процесів: експресії генів, перебігу метаболічних реакцій, поділу клітини і диференціації, загибелі тощо. Розглядаються механізми сприйняття і передачі поза(внутрішньо)клітинних сигналів, які забезпечують узгоджене функціонування клітин, тканин та органів. Аналізуються зв'язки між порушеннями внутрішньоклітинної сигналізації та розвитком численних патологій, зокрема злоякісного новоутворення. Утверджується і всіляко аргументується думка, що дослідження шляхів і регуляції передачі внутрішньоклітинного сигналу лежить в основі розвитку сучасної фармакології.

### 4. Завдання (навчальні цілі)

1) Сформувати у студентів ґрунтовні знання зі структури і функцій сигнальних молекул. Засвоїти основні принципи міжмолекулярної взаємодії за трансдукції клітинного сигналу (протеїн-протеїнової, протеїн-ліпідної, взаємодії протеїнів з нуклеїновими кислотами тощо).

2) Вивчити шляхи внутрішньоклітинної сигналізації, які забезпечують передачу сигналів за рецептор-залежної активації клітини і забезпечують регуляцію її функціональної активності (проліферації, диференціювання, росту, збудження, хемо- та фоторецепції, програмованої загибелі тощо). г) Сформувати уявлення про типи рецепторів та їхню взаємодію з ефекторними молекулами, основні закономірності трансдукції клітинного сигналу. Ознайомитись з видами первинних і вторинних месенджерів, механізмами їх функціонування, факторами транскрипції.

3) Вивчити відомі шляхи передачі сигналів та шляхи їх підсилення, регуляцію експресії генів. Набути знань щодо реалізації генетичної інформації в клітині.

З'ясувати основні принципи регуляції метаболічних процесів та клітинних функцій. Засвоїти механізми, які здійснюють інтеграцію метаболічних шляхів. і) Дати уявлення про основні тенденції і напрямки сучасних досліджень в галузі клітинної біології. З'ясувати значення механізмів внутрішньоклітинної сигналізації для медицини.

Згідно з вимогами проекту Стандарту вищої освіти України (другий (магістерський) рівень вищої освіти (восьмий рівень НРК України), галузь знань 10 «Природничі науки», спеціальність 102 «Хімія») дисципліна забезпечує набуття студентами таких *компетентностей*:

*загальних:*

ЗК 1. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК 2. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК 7. Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології.

ЗК 10. Здатність спілкуватися англійською та (за можливості) іншою іноземною мовою, як усно, так і письмово.

ЗК 14. Здатність до пошуку, критичного аналізу та обробки інформації з різних джерел.

*фахових:*

ФК 1. Здатність використовувати закони, теорії та концепції хімії у поєднанні із відповідними математичними інструментами для опису природних явищ.

ФК 2. Здатність будувати адекватні моделі хімічних явищ, досліджувати їх для отримання нових висновків та поглиблення розуміння природи, в тому числі з використанням методів молекулярного, математичного і комп'ютерного моделювання.

ФК 8. Здатність формулювати нові гіпотези та наукові задачі в галузі хімії, вибирати напрями та відповідні методи для їх розв'язання на основі розуміння сучасної проблематики досліджень в галузі хімії та беручи до уваги наявні ресурси.

ФК 9. Здатність обирати оптимальні методи та методики дослідження.

## 5. Результати навчання за дисципліною:

Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація <sup>1□</sup> ; 4. автономність та відповідальність <sup>2□</sup> )		Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання	Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності)	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
1.	<i><b>Знати:</b></i>			
1.1.	Загальні уявлення про клітину сигналізацію; поняття сигналу і сигналізації у біології; уявлення про первинні та вторинні месенджери, рецептори і ліганди, агоністи, антагоністи; ауто- паракринні регулятори, міжклітинну взаємодію; концепцію сигнального модуля/сигналосоми; загальні закономірності трансдукції клітинного сигналу; основні типи трансдукції клітинного сигналу.	Лекція, практичне заняття Самостійна робота	Модульна контрольна робота, оцінювання презентації / доповіді, поточних контрольних робіт /усних відповідей	10
1.2.	Особливості функціонування і види іонних каналів як системи трансдукції сигналу; види, структуру і значення рецепторних ензимів; види протеїнкіназ і протеїнфосфатаз як центральних елементів передачі сигналу; типи протеїнових доменів, які забезпечують протеїн-протеїнову взаємодію за трансдукції клітинного сигналу; особливості передачі сигналу за участю гетеротримерних G-протеїнів.	Лекція, практичне заняття Самостійна робота	Модульна контрольна робота, оцінювання презентації / доповіді, поточних контрольних робіт /усних відповідей	15
1.3.	Основні елементи трансдукція Ca <sup>2+</sup> сигналу; основні структури ДНК-зв'язувальних протеїнів та вибрані транскрипційні фактори; сигнальні шляхи за участю активних форм азоту і кисню; сигнальну систему інтерферону; типи сенсорної трансдукції; принципи регуляції клітинного циклу та апоптозу;	Лекція, практичне заняття Самостійна робота	Модульна контрольна робота, оцінювання презентації / доповіді, поточних	15

1 \* заповнюється за необхідністю, наприклад для практик, лабораторних курсів тощо.

2 \*

	особливості сигналізуванню в мікроорганізмах і рослинах.		контрольних робіт /усних відповідей	
	<b>Вміти:</b>			
1.1.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>пояснювати</i> механізми регуляції фізіологічних функцій клітин та органів на основі уявлень про внутрішньоклітинну сигналізацію;</li> <li>- <i>передбачати та обґрунтовувати</i> функціональне значення основних сигнальних шляхів;</li> <li>- <i>моделювати</i> зміни метаболічних станів за умови порушення функціонування основних сигнальних шляхів та розробляти шляхи їх корегування;</li> <li>- <i>використовувати</i> знання з внутрішньоклітинної сигналізації у вирішенні проблем фармакології;</li> <li>- <i>використовувати</i> набуті знання для пояснення фізіологічних процесів та патологічних явищ в організмі людини і тварин;</li> <li>- <i>вибудовувати</i> стратегію досліджень;</li> <li>- <i>застосовувати</i> необхідні методи клітинної біології при проведенні власних досліджень;</li> <li>- <i>здійснювати</i> аналіз, класифікацію та систематизацію науково-технічної інформації;</li> <li>- <i>здійснювати</i> планування експериментів.</li> </ul>	Лекція Самостійна робота	Модульна контрольна робота	10
1.2.	Працювати в групі на практичних заняттях, аналізуючи отримані результати та проводячи контрольні досліди, планування експериментів.	Лекція, практичне заняття Самостійна робота	Модульна контрольна робота, оцінювання виконання практичних завдань	15
1.3.	Самостійно працювати з науковою та навчально-методичною літературою, використовувати комп'ютерні засоби, здійснювати пошук та узагальнення науково-технічної інформації.	Лекція, практичне заняття Самостійна робота	Модульна контрольна робота, оцінювання виконання практичних завдань	15
	<b>Комунікація</b>			
3.1.	Представляти результати пошуку та аналізу наукової літератури у вигляді презентацій та доповідей, використовуючи сучасні технології, а також вміти вести наукову дискусію при їх обговоренні	Лекція, практичне заняття, самостійна робота	Оцінювання виконання практичних завдань, презентації, доповіді, усні відповіді	10
	<b>Автономність та відповідальність</b>			
4.1.	Здійснювати пошук та аналіз наукової літератури за тематикою дисципліни та суміжними проблемами, на базі проаналізованих даних формувати алгоритм власних досліджень та проводити аналіз отриманих результатів, використовуючи відповідні програми обробки даних.	Практичне заняття, самостійна робота	Оцінювання презентації / доповіді	10

**6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання (необов'язково для вибіркових дисциплін які не входять до блоків спеціалізації)**

Результати навчання дисципліни (код)	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	3.1	4.1
<b>Програмні результати навчання (назва)</b>								
P3. Застосовувати отримані знання і розуміння для вирішення нових якісних та кількісних задач хімії.	+	+	+	+				
P8. Вміти ясно і однозначно донести результати власного дослідження до фахової аудиторії та/або нефаківців							+	+
P9. Збирати, оцінювати та аналізувати дані, необхідні для розв'язання складних задач хімії, використовуючи відповідні методи та інструменти роботи з даними.		+	+					+
P14. Інтерпретувати експериментально отримані дані та співвідносити їх з відповідними теоріями в хімії.	+	+	+	+	+	+	+	+

**7. Схема формування оцінки.**

**7.1 Форми оцінювання студентів:**

**- семестрове оцінювання:**

1. Модульна контрольна робота 1 – РН 1.1; 1.2. – 20 балів/ 12 балів

2. Модульна контрольна робота 2 – РН 1.3; 1.4 – 20 балів/ 12 балів

3. Практичні заняття – РН 2.1; 2.2; 3.1; 4.1 – 20 балів/ 12 балів

**- підсумкове оцінювання: у формі заліку**

Формою проведення є залік з дисципліни. Результатами навчання, які оцінюються на заліку, є РН 1.1-1.4. Максимальна кількість балів, які можуть бути отримані студентом, становить 40 балів.

**- умови допуску до підсумкового заліку:**

Студент допускається до заліку за умови виконання всіх передбачених планом практичних робіт. Студент не допускається до заліку, якщо під час семестру набрав менше ніж 20 балів.

**7.2 Організація оцінювання:**

Модульні контрольні роботи 1 і 2 проводяться після завершення відповідних розділів програми. Звіти по практичних роботах у формі опитування проводяться після кожної практичної роботи. В межах практичних робіт здійснюються студентські презентації та усні доповіді, захищаються реферати.

**7.3 Шкала відповідності оцінок**

<b>Відмінно / Excellent</b>	90-100
<b>Добре / Good</b>	75-89
<b>Задовільно / Satisfactory</b>	60-74
<b>Незадовільно / Fail</b>	0-59

## 8. Структура навчальної дисципліни.

### Тематичний план лекцій та практичних занять

№ п/п	Номер і назва теми*			
		лекції	практичні заняття	СР
1	<b>Розділ 1. Біохімічний склад і метаболізм нервової тканини.</b>	<b>10</b>		<b>40</b>
	<b>Тема 1. Загальні уявлення про клітину сигналізацію</b>			
	<i>Лекція 1.</i> Поняття інформації, сигналу і сигналізації у біології. Внутрішньоклітинна сигналізація. Елементи трансдукції сигналу, зміни концентрації сигнальних молекул. Посттрансляційні ковалентні модифікації протеїнів як важливий елемент трансдукції сигналу, універсальне значення фосфорилування/дефосфорилування та убіквітинування. Загальні закономірності трансдукції клітинного сигналу: специфічність, висока афінність ліганд-рецепторної взаємодії, кооперативність, ампліфікація, десенсибілізація, інтегрування, неадитивність, виродженість, мережевий принцип. Уявлення про первинні та вторинні месенджери, рецептори і ліганди, агоністи, антагоністи. Ауто- паракринні регулятори, міжклітинна взаємодія. Класифікація первинних месенджерів (гормони, цитокіни, фактори росту, нейротрансмітери, ейкозаноїди, пурины, газоподібні месенджери, одоранти, феромони тощо). Закономірності взаємодії ліганда з рецептором.	2		
	<i>Практичне заняття 1.</i> Сучасні уявлення про структуру клітини.		2	
	<i>Практичне заняття 2.</i> Ознайомлення з розрахунками основних параметрів ліганд-рецепторної взаємодії.		2	
	<i>Самостійна робота.</i> Зміна конформації протеїнів та протеїн-протеїнові взаємодії як центральний елемент передачі сигналу в клітині. Концепція сигнального модуля/сигналосоми, компартменталізація сигнальних подій в клітині, мембранні рафти та кавеоли.			20
	<i>Практичне заняття 3.</i> Принципи радіоімунного аналізу.		2	
	<i>Самостійна робота.</i> Графік Скетчарда, константа дисоціації, афінітет. Уявлення про основні типи трансдукції клітинного сигналу.			
	<b>Тема 2. Іонні канали як система трансдукції сигналу та рецепторні ензими в трансдукції клітинного сигналу.</b>			

	<b>Лекція 2.</b> Класифікація іонних каналів. Уявлення про структуру і регуляцію каналів. Особливості будови і функціонування різних типів натрієвих, калієвих і кальцієвих каналів. Структура і функції нікотинового ацетилхолінового рецептора. Методи дослідження каналів. Каналопатії.	2		
	<b>Практичне заняття 4.</b> Практичне застосування Вестерн-блот аналізу в дослідженнях внутрішньоклітинної сигналізації.		2	
	<b>Самостійна робота.</b> Уявлення про рецепторні фосфопротеїнфосфатази, значення для клітини. JAK/STATs – сигнальний шлях, трансдукція сигналу від еритропоєтину.			10
	<b>Лекція 3.</b> Злоякісно трансформовані клітини як об'єкт дослідження, онкогени і протоонкогени, онкогенні і конститутивні форми протеїнів. Малі G-протеїни, структура, регуляція, властивості. Загальна структура рецепторних тирозинкіназ, рецептори інсуліну і факторів росту. Шляхи трансдукції сигналу через інсуліновий рецептор, значення для функціонування організму, діабети. Уявлення про адаптерні/рихтувальні протеїни. Ras/Raf/MEK/ERK та PI3K/Akt(PKB) сигнальні шляхи. Протеїнкінази і протеїнфосфатази як центральні елементи передачі сигналу, фосфатаза PTEN. Протеїнові домени, які забезпечують протеїн-протеїнову взаємодію: SH2-, РТВ-, SH3-, РН- тощо. Структура і функції нерцепторних тирозинкіназ родини Src.	2		
	<b>Практичне заняття 5.</b> Застосування методів клітинної та генної інженерії при дослідженні внутрішньоклітинної сигналізації.		2	
	<b>Практичне заняття 6.</b> Основні принципи культивування еукаріотичних клітин.		2	
	<b>Самостійна робота.</b> Структура і функціональна активність рецепторних і нерцепторних гуанілатциклаз.			10
	<b>Тема 3. Трансдукція клітинного сигналу за участю гетротримерних G-протеїнів та трансдукція Ca<sup>2+</sup> сигналу.</b>			
	<b>Лекція 3.</b> Будова і регуляція активності гетротримерних G-протеїнів. Структура і функції серпентинових рецепторів. Циклічні нуклеотиди як вторинні месенджери Принципи трансдукції сигналу в аденілатциклазному месенджерному каскаді, основні елементи каскаду, регуляція. Види аденілатциклаз та фосфодієстераз. Компартменталізація протеїнкінази А в клітині. Механізми впливу епінефрину на катаболізм глікогену. Десенсибілізація β-адренорецептора	2		



	<p>за тривалої дії епінефрину. Типи адренорецепторів і шляхи трансдукції сигналу. Види та значення фосфоліпази С. Вторинні месенджери ліпідної природи (похідні ліпідів). Окисний метаболізм арахідонової кислоти, ейкозаноїди. Роль ейкозаноїдів в організмі. Значення для організму омега-3 поліненасичених жирних кислот. Шляхи вивільнення арахідонової кислоти з фосфоліпідів. Види фосфоліпази А2. Окисний обмін арахідонової кислоти. Види та біологічна активність лейкотрієнів, простагландинів, тромбоксанів; протсациклін I<sub>2</sub>, тромбоксан А<sub>2</sub>.</p>			
	<p><b>Практичне заняття 7.</b> Оволодіння основними принципами лазерної скануючої конфокальної мікроскопії з метою дослідження сигнальних подій в клітинах.</p>		2	
	<p><b>Самостійна робота.</b> Структура та каталітична активність ліпоксигеназ та циклооксигеназ, інгібітори циклооксигеназ. Уявлення про сигнальну роль похідних сфінгомеліну.</p>			10
	<p><b>Лекція 4.</b> Субклітинні мембранні системи (канали, помпи, обмінники), які підтримують Ca<sup>2+</sup>-гомеостаз. Кальцій-зв'язувальні протеїни. Структура («EF-hand») та біологічна активність кальмодуліну. Особливості будови протеїнів-мішеней комплексу Ca<sup>2+</sup>-кальмодулін. Ca<sup>2+</sup>-кальмодулінзалежна протеїнкіназа II. Структурно-функціональні особливості Ca<sup>2+</sup>,Mg<sup>2+</sup>-АТРази плазматичної мембрани (PMCA) та сарко(ендо)плазматичного ретикулума (SERCA). Характеристика каталітичної активності АТРаза Р-типу. Регуляція кальцієвих помп. Структура і властивості пасивного транспорту Ca<sup>2+</sup> з ендоплазматичного ретикулуму. Будова, фармакологія і роль Ca<sup>2+</sup>-каналів ріанодинового і IP3-рецептора.</p>	2		
	<p><b>Практичне заняття 8.</b> Сучасні методи реєстрації внутрішньоклітинного Ca<sup>2+</sup>. Ca<sup>2+</sup>-сутливі флуоресцентні зонди.</p>		2	
	<p><b>Самостійна робота.</b> Сучасні методи реєстрації Ca<sup>2+</sup>-сигналу. Просторово-часові характеристики Ca<sup>2+</sup>-сигналу: хвилі, осциляції, спарки, пуфи тощо. Уявлення про Ca<sup>2+</sup>-транз'єнт. Молекулярні механізми електро(фармако)механічного спряження в різних типах м'язів.</p>			10
	<p><b>Тема 4. Вибрані відомості про структуру і регуляцію геному, активні форми азоту і кисню як сигнальні молекули.</b></p>			

<p><b>Лекція 5.</b> Будова хроматину, структура еукаріотичних генів, регуляторні ділянки хроматину (промотори, енхансери), уявлення про загальні та специфічні фактори транскрипції. Основні структури ДНК-зв'язувальних протеїнів: структури типу «спіраль-оберт-спіраль», гомейотичні гени, гомеобокси та гомеодомени, мотиви «цинкових пальців», «лейцинової блискавки» тощо.</p>	2		
<p><b>Практичне заняття 9.</b> Застосування нокаута та нокдауна ензимів в дослідженнях сигнальних механізмів клітини.</p>		2	
<p><b>Самостійна робота.</b> Коротка характеристика вибраних специфічних транскрипційних факторів, їхня структура та функціональні особливості: AP1, Nrf2, CREB, p53, NOTCH, NF-κB, SP1, HIF-1, SREBP-1, HSF1, рецептори стероїдних гормонів.</p>			10
<p><b>Лекція 6.</b> Загальні уявлення про структуру і вибрані хімічні властивості активних форм азоту і кисню. Біосинтез NO, NO-синтази, структура, субклітинна локалізація, регуляція, функціональні особливості різних ізоформ. Патогенез окремих захворювань і NO: серцево-судинні розлади, атеросклероз, діабети, нейродегенеративні захворювання тощо. Синтез NO за гіпоксії/ішемії. Синтез і значення оксиду азоту у прокаріотів. Утворення, вибрані біохімічні і фізіологічні ефекти активних форм кисню. Структура, регуляція і значення NADPH-оксидазного комплексу. Роль мітохондрій в синтезі активних форм кисню. Система антиоксидантного захисту, структура, регуляція і роль: супероксиддисмутази, пероксиредоксинів, глутатіонпероксидази, глутатіонредуктази, глутатіонтрансферази, каталази тощо. Роль пероксиредоксинів в редокс-сигналінгу. Окремі приклади редокс-сигналінгу. Інгібування тирозинфосфатазної та стимуляція тирозинкіназної активностей, активація Src-кіназ, регуляція PTEN. Активація пероксидом водню розчинної гуанілатциклази. Інсуліноподібні ефекти пероксиду водню. Пероксид водню як регулятор міграції клітин, проліферації та ангиогенезу. Стимуляція ендоцитозу H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Структура та роль MAP-кіназного месенджерного каскаду. Приклади регуляції з боку активних форм кисню.</p>	2		
<p><b>Практичне заняття 10.</b> Основні підходи до виділення розділення і очищення протеїнів.</p>		2	

	<b>Самостійна робота.</b> H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> -керовані O <sub>2</sub> -сенсори легень та кровоносних судин. Значення пероксиду водню як фактору, що гіперполяризує гладеньком'язові клітини судин.			10
	<b>Тема 5. Сигнальна система інтерферону. Сенсорна трансдукція.</b>			
	<b>Лекція 7.</b> Класифікація інтерферонів. Закономірності синтезу інтерферонів, Toll-рецептори. Регуляція експресії INF $\gamma$ . Уявлення про сигнальні шляхи інтерферонів I та II типів. Біологічна активність інтерферонів. Олігонуклеотиди.	2		
	<b>Практичне заняття 11.</b> Застосування ПЛР для аналізу експресії генів.		2	
	<b>Лекція 8.</b> Сенсорна трансдукція. в органах зору хребетних (фототрансдукція). Функціонування первинних фото сенсорних нейронів (паличок та колбочок). Значення іонних каналів, Na <sup>+</sup> ,K <sup>+</sup> -АТРази. Родопсин і десенсибілізація родопсину. Роль cGMP в фототрансдукції. Сигналізування в процесах сприйняття запаху і смаку у хребетних. Одоранти. Значення серпентинових рецепторів, аденілатциклази, cAMP та іонних каналів в процесах сприйняття запаху.			
	<b>Практичне заняття 12.</b> Залучення сучасних методів біохімії і клітинної біології для вивчення шляхів і механізмів клітинної сигналізації.			
	<b>Самостійна робота.</b> Роль протеїнкінази C та K <sup>+</sup> -каналів в функціонуванні смакових нейронів.			10
	<b>Тема 6. Сигналізування в мікроорганізмах і рослинах. Регуляція клітинного циклу та апоптозу.</b>			
	<b>Лекція 9.</b> Рецепторна His-кіназа, уявлення про двокомпонентну систему в прокариотів. Сигнальні молекули у рослин. Сигнальні шляхи, протеїнкінази, MAP-кіназний месенджерний каскад, двокомпонентна система прокариотів. Трансдукція сигналу від етилену.	2		
	<b>Практичне заняття 13.</b> Добір та застосування флуоресцентних зондів і підготовки біологічних об'єктів до досліджень методом конфокальної мікроскопії.		2	
	<b>Лекція 10.</b> Зворотне фосфорилування як основа регуляції клітинного циклу, уявлення про структуру функціонування циклін-залежних протеїнкіназ. Механізми регуляції циклін-залежних протеїнкіназ (фосфорилування, протеосомна деградація циклонів, значення цитокінів). Приклади регуляції клітинного циклу циклін-залежними протеїнкіназами.	2		

	Загальна характеристика апоптозу і некрозу. Прокаспази і каспази. Рецептор-опосередкований механізм включення апоптозу. Fas-ліганди, Fas-рецептори, DD-домени. Проапоптозні та антиапоптозні протеїни.			
	<b>Практичне заняття 14.</b> Застосування біоінформаційних підходів при дослідженні внутрішньоклітинної сигналізації.		2	
	<b>Самостійна робота.</b> Мітохондрій-опосередкований шлях розвитку апоптозу, значення p53, активних форм азоту та кисню. Структура і значення пори перехідної провідності. Роль цитохрому c та інших протеїнів в розвитку мітохондрій-опосередкованого апоптозу. Шлях апоптозу як спеціалізований варіант трансдукції сигналу і його регуляція.			10

**Загальний обсяг** *120 год.*, в тому числі:

Лекцій – *20 год.*

Семінарські заняття – *немає.*

Практичні заняття – *20 год.*

Лабораторні заняття – *немає.*

Тренінги – *немає.*

Консультації – *немає.*

Самостійна робота – *80 год.*

## 9. Рекомендовані літературні джерела:

### *Основна: (Базова)*

1. Нельсон Д.Л., Коке М.М. Основи біохімії за Ленінджером. Переклад з англ. за ред. Комісаренко С.В., 2016. – 1280 с.
2. Krauss G. Biochemistry of signal transduction and regulation. – Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Boschstr. 12, 69469 Weinheim, 2014. – 815 p.
3. Остапченко Л.І., Синельник Т.Б., Компанець І.В. Біологічні мембрани та основи внутрішньоклітинної сигналізації. Теоретичні аспекти: навч. посіб. – К. : ВПЦ "Київський університет", 2016. – 639 с.
4. Bradshaw R.A., Edward A. Dennis E.A. Handbook of Cell Signaling. Second Edition, 2009, 3047 p.

### *Додаткова:*

1. Helmreich E.J.M. The biochemistry of cell signaling. – Oxford Univer. press, 2002. – 358 p.
2. Бурлака А.П., Сидорик Е.П. Редоксзависимые сигнальные молекулы в механизмах опухолевого процесса. – К.: «Наукова думка», 2014. – 256 с.
3. Campbell A.K. Intracellular calcium. - West Sussex, UK, John Wiley & Sons, Ltd, 2015. - 789 p.
4. Губский Ю.И. Смерть клетки: свободные радикалы, некроз, апоптоз. – Винница.: Нова Книга, 2015. – 360 с.