

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича
Навчально-науковий інститут біології, хімії та біоресурсів
Кафедра молекулярної генетики та біотехнології



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор ННІБХБ

Руслан Беспалько
Руслан БЕСПАЛЬКО

« 29 » серпня 2025 року

РОБОЧА ПРОГРАМА
навчальної дисципліни

Епігенетика та механізми експресії генів
обов'язкова

Освітньо-професійна програма	<u>Біологія</u>
Спеціальність	<u>Е1 «Біологія та біохімія»</u>
Галузь знань	<u>Е «Природничі науки, математика та статистика»</u>
Рівень вищої освіти	<u>другий (магістерський)</u>
Навчально-науковий інститут біології, хімії та біоресурсів	
Мова навчання	українська

Чернівці 2025 рік

Робоча програма навчальної дисципліни «Епігенетика та механізми експресії генів» складена відповідно до освітньо-професійної програми «Біологія» другого (магістерського) рівня вищої освіти, затвердженої Вченою радою Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича (протокол № 5, від 28.04.2025).

Розробник: Волков Роман Анатолійович, завідувач кафедри молекулярної генетики та біотехнології, доктор біологічних наук, професор

Викладачі, що забезпечують читання даної навчальної дисципліни:
Волков Роман Анатолійович, завідувач кафедри молекулярної генетики та біотехнології, доктор біологічних наук, професор
Тинкевич Юрій Олегович, асистент кафедри молекулярної генетики та біотехнології, кандидат біологічних наук

Погоджено з гарантом ОП  **Ірина ПАНЧУК**

Затверджено на засіданні кафедри молекулярної генетики та біотехнології
Протокол № 1 від « 29 » серпня 2025 року

Завідувач кафедри  **Роман ВОЛКОВ**

Схвалено методичною радою навчально-наукового інституту
Протокол № 1 від «29» серпня 2025 року

Голова методичної ради ННІБХБ  **Галина МОСКАЛИК**

Мета навчальної дисципліни: сформувати у студентів уявлення про структурно-функціональний взаємозв'язок основних класів біомолекул, пластичність шляхів регуляції та реалізації генетичної інформації, механізми епігенетичного контролю експресії генів, комплексні механізми регуляції складних процесів на рівні клітини і цілого організму. У курсі висвітлюються основні сучасні знання з регуляції експресії генів у еукаріотичних організмів. Вивчаються механізми передачі зовнішніх та внутрішньоклітинних сигналів, які активують або інгібують транскрипцію генів. Розглядаються регуляторні каскади, що відповідають за найважливіші процеси життєдіяльності клітин, такі як клітинний поділ, апоптоз та ін. Значна увага приділяється епігенетичним модифікаціям хроматину та некодуючим регуляторним РНК як інструментам, які впливають на реалізацію генетичної інформації.

Пререквізити Дисципліна вивчається у 1 семестрі 1 курсу другого (магістерського) рівня вищої освіти на основі дисциплін першого (бакалаврського) рівня

Результати навчання

В результаті навчання у здобувачів формуються наступні компетентності:

ІК Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми в галузі біології при здійсненні професійної діяльності або у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій та характеризується невизначеністю умов і вимог.

ЗК1. Здатність працювати у міжнародному контексті.

ЗК2. Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології.

ЗК4. Здатність діяти на основі етичних міркувань (мотивів).

ЗК5. Здатність розробляти та керувати проектами.

ЗК6. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

СК3. Здатність користуватися сучасними інформаційними технологіями та аналізувати інформацію в галузі біології і на межі предметних галузей.

СК4. Здатність аналізувати і узагальнювати результати досліджень різних рівнів організації живого, біологічних явищ і процесів.

СК6. Здатність прогнозувати напрямки розвитку сучасної біології на основі загального аналізу розвитку науки і технологій.

СК8. Здатність презентувати та обговорювати результати наукових і прикладних досліджень, готувати наукові публікації, брати участь у наукових конференціях та інших заходах.

У результаті навчання формуються наступні програмні результати:

ПР1. Володіти державною та іноземною мовами на рівні, достатньому для спілкування з професійних питань та презентації результатів власних досліджень.

ПР2. Використовувати бібліотеки, інформаційні бази даних, інтернет ресурси для пошуку необхідної інформації.

ПР4. Розв'язувати складні задачі в галузі біології, генерувати та оцінювати ідеї.

ПР5. Аналізувати та оцінювати вплив досягнень біології на розвиток суспільства.

ПР7. Описувати й аналізувати принципи структурно-функціональної організації, механізмів регуляції та адаптації організмів до впливу різних чинників.

ПР16. Критично осмислювати теорії, принципи, методи з різних галузей біології для вирішення практичних задач і проблем.

ПР18. Застосувати теоретичні знання для вирішення проблем охорони навколишнього середовища та збалансованого природокористування.

ПР21. Застосувати теоретичні положення для пояснення генетичних особливостей рослин різних таксономічних груп.

Студент повинен *знати*:

- специфіку регуляції експресії генів на різних рівнях;
- організацію та механізми функціонування ферментативних систем, які забезпечують збереження та реалізацію генетичного матеріалу;
- епігенетичний контроль реалізації генетичної інформації.
- особливості механізмів успадкування епігенетичних детермінант.

Студент повинен *вміти*:

- Використовувати набуті знання для аналізу особливостей просторово-часової експресії різних груп генів.
- Інтерпретувати дані, отримані за допомогою методів, які використовуються для визначення експресії генів.

Опис навчальної дисципліни

Форма навчання	Рік підготовки	Семестр	Кількість		Кількість годин						Вид підсумкового контролю
			кредитів	годин	лекцій	практичні	семінарські	лабораторні	самостійна робота	індивідуальні завдання	
Денна	5	2	4	120	14	-	18	-	88	-	екзамен

Структура змісту навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин												
	денна форма						Заочна форма						
	усього	у тому числі					усього	у тому числі					
		л	п	сем	інд	с.р.		л	п	сем	інд	с.р.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Теми	Змістовий модуль 1. Механізми регуляції експресії генів												
Тема 1. Регуляція експресії на рівні транскрипції та трансляції.	20	2		3		15							
Тема 2. Передача сигналів та регуляція активності генів.	20	4		4		12							
Тема 3. Методи вивчення експресії генів	20	1		3		16							
Разом за змістовим модулем 1	60	7		10		43							
Теми	Змістовий модуль 2. Епігенетичний контроль експресії генів												
Тема 4. Молекулярні основи епігенетичних явищ	20	3		2		15							

Тема 5. Некодуючі регуляторні РНК.	20	2		3		15						
Тема 6. Геномний імпринтинг	20	2		3		15						
Разом за змістовим модулем 2	60	7		8		45						
Усього годин	120	14	-	18	-	88						

Теми лекційних занять

<i>№ теми</i>	<i>№ питання</i>	<i>Назва теми</i>
1	Регуляція експресії на рівні транскрипції та трансляції	
	1	Регуляція експресії генів на рівні транскрипції
	2	Посттранскрипційні механізми регуляції
	3	Регуляція експресії генів на рівні трансляції
2	Передача сигналів та регуляція активності генів	
	1	Внутрішньоклітинні рецептори: рецептори стероїдних та тиреоїдних гормонів
	2	Механізми первинної та вторинної відповіді
	3	Рецептори клітинної мембрани
	4	Рецептори, пов'язані з G-протеїнами
	5	цАМФ-залежна протеїн-кіназа (А-кіназа)
3	Методи вивчення експресії генів	
	1	Блот-гібридизація
	2	Кількісна ПЛР у реальному часі
	3	Транскриптомні підходи
	4	Протеоміка
4	Молекулярні основи епігенетичних явищ	
	1	Метилування ДНК
	2	Класифікація метилтрансфераз
	3	Ацетилювання гістонових білків
	4	Метилування гістонових білків
5	Некодуючі регуляторні РНК	
	1	Історія відкриття регуляторних некодуючих РНК
	2	Мікро РНК (micro RNAs) – miRNA
	3	Короткі інтерферуючі РНК (small interfering RNAs) – siRNA
	4	ріwi-взаємодіючі РНК (piRNAs)
6	Геномний імпринтинг	
	1	Довгі некодуючі РНК (long-noncoding RNAs)- lncRNA
	2	Явище дозової компенсації та статевий хроматин
	3	Геномний імпринтинг

Теми семінарських занять

<i>№ теми</i>	<i>№ питання</i>	<i>Назва теми</i>
1	Організація та реалізація генетичної інформації у еукаріот	
	1	Гістонові білки та структурна організація хроматину
	2	Ініціація транскрипції у еукаріот
	3	Процесинг та експорт еукаріотичної мРНК
	4	Інтрони та екзонони. Механізми сплайсингу
	5	Трансляція мРНК на рибосомах

	6	Контроль якості РНК
	7	Фолдинг новосинтезованих молекул білків
2	Регуляція клітинного циклу	
	1	Загальний огляд клітинного циклу
	2	Подібність клітинного циклу у еукаріот та методи його вивчення
	3	Система контролю клітинного циклу
	4	Циклін-залежні кінази та цикліни
	5	Роль протеїнфосфатаз та порядок фосфорилування білків у клітинному циклі
	6	Позитивний зворотній зв'язок і система перемикання у клітинному циклі
	7	Комплекс стимуляції анафази - циклосома
	8	Інактивація циклін-залежних кіназ у G1 фазі. Узагальнення послідовності біохімічних перемикань у клітинному циклі
	9	S-фаза. Ініціація реплікації у клітинному циклі
	10	Регуляція дуплікації хроматину у S-фазі. Утримання сестринських хроматин за допомогою когезину
3	Регуляція апоптозу	
	1	Апоптоз як форма клітинної смерті
	2	Функції апоптозу у розвитку ембріону та в дорослому організмі
	3	Опосередкований каспазами механізм апоптозу
	4	Зовнішній шлях активації апоп
	5	Внутрішній шлях активації апоптозу
	6	Регуляція білками родини Bcl2
	7	Функції білків найбільшого підкласу Bcl2 - BH3-only
	8	Інгібування каспаз білками IAP
	9	Позаклітинні фактори виживання
	10	Фагоцитоз апоптичних клітин
	11	Наслідки порушень у рівні апоптозу
4	Методи вивчення експресії генів	
	1	Нозерн-блот гібридизація (Northern blot)
	2	ПЛР у реальному часі (Real-Time PCR)
	3	Метод ДНК-мікрочіпів (DNA microarray)
	4	Сиквенування РНК (RNA-Seq)
	5	Імунопреципітація хроматину (Chromatin immunoprecipitation)
	6	Профайлінг рибосом (Ribosome profiling)
	7	РНК <i>in situ</i> гібридизація (<i>In situ</i> hybridization, ISH)
	8	Використання репортерних генів (Reporter genes)
5	Регуляторне значення епігенетичних модифікацій хроматину	
	1	Метилування ДНК. Роль у сайленсингу генів
	2	Ацетилювання гістонів. Вплив на хроматин та активацію транскрипції
	3	Метилування гістонів. Специфічне маркування ділянок для активації або репресії транскрипції
	4	Комплекси ремодельовання хроматину. Механізми АТФ-залежної зміни позиціонування нуклеосом для доступу факторів транскрипції
6	Регуляторні ефекти некодувальних РНК	
	1	МікроРНК (miRNA). Посттранскрипційна репресія експресії генів
	2	Малі інтерферуючі РНК (siRNA). Запуск РНК-інтерференції (РНКі) для специфічної деградації цільових мРНК
	3	Довгі некодувальні РНК (lncRNA, як молекулярні риштування (scaffolds) для організації білкових комплексів, залучених у

		ремоделювання хроматину та регуляцію транскрипції
4		Кільцеві РНК (circRNA), як пастки для miRNA (miRNA sponges)
7	Геномний імпринтинг	
	1	Геномний імпринтинг, як епігенетична регуляторна система
	2	Контроль ембріонального і неонатального розвитку та функції геномного імпринтингу у ссавців
	3	Організація і регуляція імпринтованих генів
	4	Роль довгих некодувальних РНК у геномному імпринтингу
	5	Роль ДНК-метилювання у геномному імпринтингу
	6	Два основних цис-регуляторних механізми, що діють у кластерах імпринтованих генів
	7	Геномний імпринтинг та фізіологія розвитку
	8	Геномний імпринтинг та поведінка і хвороби дорослих
	9	Роль геномного імпринтингу у регуляції сну та циркадних ритмах
10	Вплив оточуючого середовища на імпринтинг	

Теми практичних занять

Практичні заняття не передбачені.

Теми лабораторних занять

Лабораторні заняття не передбачені.

Теми індивідуальних завдань

Індивідуальні завдання не передбачені

Зміст завдань для самостійної роботи

№	Назва теми
1	Методи аналізу диференціальної експресії генів
2	Регуляція клітинної диференції та регенерації тканин. Стовбурові клітини
3	Генетичний імпринтинг та епігенетичне репрограмування
4	Вплив пакування хроматину на позиціювання генів у ядрі
5	Епігенетичні модифікації гістонів та теорія гістонового коду
6	Методи вивчення епігенетичних модифікацій на генному та геномному рівнях
7	Просторово-часова регуляція експресії генів
8	Регуляція транскрипції у навчанні та запам'ятовуванні

Освітні технології, методи навчання і викладання навчальної дисципліни

Форми організації навчання: лекція, семінарське заняття, індивідуальне навчальне заняття, консультація.

Методи навчання: словесні (розповідь, пояснення, лекція), наочні (демонстрація, ілюстрація, спостереження), практичні (вирішення проблемних задач), робота у групах.

Критерії та засоби оцінювання результатів навчання з навчальної дисципліни

Критерії підсумкового оцінювання

40 балів – вичерпна відповідь на всі теоретичні питання, правильний розв'язок запропонованої задачі та тестових завдань;

30 балів – допущення окремих неточностей та наявність незначних помилок у відповідях;

20 балів – відповідь неповна, наявність суттєвих помилок при розв'язанні задачі і тестових завдань;

10 балів – надання окремих правильних положень з теоретичних питань, допущення грубих помилок при розв’язанні запропонованих задач і тестів.

0 балів – відсутність будь-яких правильних відповідей на запропоновані теоретичні і практичні завдання.

Критерії оцінювання результатів навчання з навчальної дисципліни

Критерії оцінювання усної відповіді

4 бали – вичерпна відповідь на питання, повне володіння матеріалом,

3 бали – у відповіді допущені деякі помилки, що не стосуються основної суті питання,

2 бали – наявність у відповіді грубих помилок, що стосуються основоположних питань матеріалу,

1 бал – наявність у відповіді лише окремих правильних тверджень,

0 балів – неправильна відповідь або відсутність відповіді.

Критерії оцінювання тестових завдань

4 бали – правильний розв’язок тестового завдання,

3 бали – наявність третини неправильних відповідей (правильні та неповні відповіді),

2 бали – наявність половини правильних відповідей,

1 бал – переважання неправильних відповідей,

0 балів – завдання розв’язано неправильно.

Критерії оцінювання модульних контрольних робіт

Проміжний модульний контроль включає відповідь на два теоретичних питання, та розв’язок 10 тестових завдань. Максимальна кількість балів за кожне із завдань – 5 балів. У разі допущення помилок чи надання неповної відповіді оцінка знижується на 1 бал відповідно до допущеного ступеня неточності.

Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне оцінювання (аудиторна та самостійна робота; модульні контрольні роботи)								Кількість балів (залікова робота)	Сумарна к-ть балів
Змістовий модуль №1				Змістовий модуль № 2					
T1	T2	T3	M1	T4	T5	T6	M2		
5	5	5	15	5	5	5	15	40	100

T1, T2... T4 – теми змістових модулів.

Шкала оцінювання: національна та ЄКТС

Оцінка за національною шкалою	Оцінка за шкалою ECTS	
	Оцінка (бали)	Пояснення за розширеною шкалою
Відмінно	A (90-100)	відмінно
Добре	B (80-89)	дуже добре
	C (70-79)	добре
Задовільно	D (60-69)	задовільно
	E (50-59)	достатньо
Незадовільно	FX (35-49)	(незадовільно) з можливістю повторного складання
	F (1-34)	(незадовільно) з обов’язковим самостійним опрацюванням освітнього компоненту до перескладання

Перелік питань для самооцінювання та контролю

1. Загальні уявлення про контроль експресії генів у багатоклітинному організмі.
2. Внутрішньоклітинні білки-рецептори.
3. Молекулярний механізм дії стероїдних та тиреоїдних гормонів.
4. Рецептори клітинної мембрани.
5. Структурні особливості будови мембранних білків-рецепторів.
6. Рецептори, пов'язані з G-протеїнами. Будова та механізм дії.
7. Рецептори, пов'язані з ферментами. Основні групи.
8. Аденілат-циклаза та цАМФ-залежна протеїн-кіназа. Їхні функції.
9. Інозит-фосфоліпідний регуляторний шлях.
10. Роль іонів Са у регуляції активності генів. Кальмодуліни.
11. Метилювання ДНК у еукаріот. Локалізація 5-метилцитозину у геномі.
12. Симетричне та несиметричне метилювання ДНК.
13. Ферменти, що забезпечують метилювання ДНК. Їхня будова.
14. Посттрансляційні модифікації гістонів.
15. Ацетилювання гістонів. Його функціональне значення.
16. Ферменти, що забезпечують ацетилювання та деацетилювання гістонів.
17. Метилювання гістонів. Його функціональне значення.
18. Структура хроматину та регуляція активності генів.
19. Взаємозв'язок між метилюванням ДНК та пост трансляційними модифікаціями гістонів у еукаріот.
20. Характеристика різних типів некодувальних регуляторних РНК.
21. Особливості транскриптому вищих еукаріот.
22. Біогенез мікроРНК у тварин.
23. Порівняння особливостей біогенезу мікроРНК у тварин і рослин.
24. Відкриття мікроРНК та явища РНК-інтерференції.
25. Утворення та функції RISC-комплексу.
26. Два шляхи мРНК сайленсінгу.
27. Конкуруючі ендогенні РНК.
28. Еволюція мікроРНК.
29. Методи дослідження мікроРНК.
30. Біогенез та ампліфікація коротких інтерферуючих РНК – siRNA.
31. РНК-спрямовані епігенетичні модифікації хроматину.
32. ріві-взаємодіючі РНК. Біогенез та функції.
33. Еволюція та функції довгих некодуєчих РНК (lncRNA).
34. Явище дозової компенсації генів та механізм інактивації статевого хроматину.
35. Загальна характеристика системи контролю клітинного циклу.
36. Циклін-залежні протеїнкінази (Cdk) та цикліни.
37. Механізм контролю клітинного циклу шляхом інгібування Cdk.
38. Механізм контролю клітинного циклу шляхом циклічного протеолізу.
39. Функції геномного імпринтінгу у ссавців.
40. Організація і регуляція імпринтованих генів.

Засоби оцінювання

- стандартизовані тести;

- презентації результатів виконаних завдань та досліджень;
- контрольні роботи;
- розв'язування ситуативних задач.

Форми поточного та підсумкового контролю

Поточний контроль проводиться у формі усного опитування, тестового контролю, письмового опитування з використанням елементів порівняльного аналізу.

Підсумковий контроль (залік) проводиться у письмовій формі, яка охоплює відповідь на теоретичні питання і розв'язок тестових завдань.

Зарахування результатів неформальної освіти

Зарахування результатів неформальної освіти проводиться згідно «Положення про взаємодію формальної та неформальної освіти, визнання результатів навчання (здобутих шляхом неформальної та / або інформальної освіти у системі формальної освіти)» <https://www.chnu.edu.ua/media/3aykf41y/polozhennia-pro-vzaiemodiiu-formalnoi-ta-neformalnoi-osvity.pdf>

Рекомендована література Фахова (основна)

1. Alberts, B., Heald, R., Johnson, A., Morgan, D., Raff, M., Roberts, K., & Walter, P. (2022). *Molecular Biology of the Cell: Seventh International Student Edition with Registration Card*. WW Norton & Company.
2. Cooper, G., & Adams, K. (2022). *The cell: a molecular approach*. Oxford University Press.
3. Krebs, J. E., Goldstein, E. S., & Kilpatrick, S. T. (2017). *Lewin's genes XII*. Jones & Bartlett Learning.

Допоміжна

1. Buccitelli, C., & Selbach, M. (2020). mRNAs, proteins and the emerging principles of gene expression control. *Nature Reviews Genetics*, 21(10), 630-644.
2. Candela-Ferre, J., Diego-Martin, B., Pérez-Aleman, J., & Gallego-Bartolomé, J. (2024). Mind the gap: epigenetic regulation of chromatin accessibility in plants. *Plant Physiology*, 194(4), 1998-2016.
3. Dhar, G. A., Saha, S., Mitra, P., & Nag Chaudhuri, R. (2021). DNA methylation and regulation of gene expression: Guardian of our health. *The Nucleus*, 64(3), 259-270.
4. Gil, N., & Ulitsky, I. (2020). Regulation of gene expression by cis-acting long non-coding RNAs. *Nature Reviews Genetics*, 21(2), 102-117.
5. Fischer, M., Schade, A. E., Branigan, T. B., Müller, G. A., & DeCaprio, J. A. (2022). Coordinating gene expression during the cell cycle. *Trends in biochemical sciences*, 47(12), 1009-1022.
6. Hubert, J. N., & Demars, J. (2022). Genomic imprinting in the new omics era: a model for systems-level approaches. *Frontiers in Genetics*, 13, 838534.
7. Komatsu, S., Kitai, H., & Suzuki, H. I. (2023). Network regulation of microRNA biogenesis and target interaction. *Cells*, 12(2), 306.
8. Mandakova, T., Krumpolcova, A., Matyášek, R., Volkov, R., Lysak, M. A., & Kovařík, A. (2024). Uniparental silencing of 5S rRNA genes in plant allopolyploids—insights from Cardamine (Brassicaceae). *The Plant Journal*, 119(3), 1313-1326.
9. Nitzan, M., Karaiskos, N., Friedman, N., & Rajewsky, N. (2019). Gene expression cartography. *Nature*, 576(7785), 132-137.
10. Passmore, L. A., & Collier, J. (2022). Roles of mRNA poly (A) tails in regulation of eukaryotic gene expression. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 23(2), 93-106.

11. Roberts, J. Z., Crawford, N., & Longley, D. B. (2022). The role of ubiquitination in apoptosis and necroptosis. *Cell Death & Differentiation*, 29(2), 272-284.
12. Tynkevich, Y. O., Valin, M. O., Moysiyenko, I. I., Panchuk, I. I., & Volkov, R. A. (2023). 5S ribosomal DNA in the family Plumbaginaceae. *Cytology and Genetics*, 57(6), 524-537.
13. Volkov, R. A., Panchuk, I. I., Borisjuk, N. V., Hosiawa-Baranska, M., Maluszynska, J., & Hemleben, V. (2017). Evolutional dynamics of 45S and 5S ribosomal DNA in ancient allohexaploid *Atropa belladonna*. *BMC Plant Biology*, 17, 1-15.

Інформаційні ресурси

1. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>
2. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>
3. <https://www.mirbase.org/>
4. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/geo/>
5. <https://www.ebi.ac.uk/gxa/home>

Політика академічної доброчесності

Впродовж семестру для перевірки знань студентів та контролю за самостійною роботою застосовують письмові роботи та тестовий контроль. При виконанні різних форм робіт студенти повинні дотримуватися принципів академічної доброчесності.

Питання плагіату та академічної доброчесності регламентуються ЗУ «Про вищу освіту» та локально-правовими актами ЗВО: Правила академічної доброчесності у Чернівецькому національному університеті імені Юрія Федьковича <https://www.chnu.edu.ua/media/lnojdab4/pravyla-akademichnoi-dobrochesnosti.pdf>

Положення про виявлення та запобігання плагіату у Чернівецькому національному університеті імені Юрія Федьковича <https://www.chnu.edu.ua/media/n5nbzwgb/polozhennia-chnu-pro-plahiat-2023plusdotatky-31102023.pdf>

та Етичний кодекс Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича <https://www.chnu.edu.ua/media/jxdfs0zb/etychnyi-kodeks-chernivetskoho-natsionalnoho-universytetu.pdf>