

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ДВНЗ «ПРИКАРПАТСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**ІМЕНІ ВАСИЛЯ СТЕФАНІКА»**

Факультет природничих наук

Кафедра біохімії та біотехнології

**СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Молекулярна біологія**

Освітня програма Лабораторна діагностика

Спеціальність 091 «Біологія»

Галузь знань 09 Біологія

Затверджено на засіданні кафедри  
Протокол № 9 від “17” грудня 2019 р.

## ЗМІСТ

1. Загальна інформація
2. Анотація до курсу
3. Мета та цілі курсу
4. Результати навчання (компетентності)
5. Організація навчання курсу
6. Система оцінювання курсу
7. Політика курсу
8. Рекомендована література

<b>1. Загальна інформація</b>	
<b>Назва дисципліни</b>	Молекулярна біологія
<b>Викладач (-і)</b>	Байляк Марія Михайлівна
<b>Контактні дні</b>	Тел.: 0985046959(моб.), 0342596171 (роб.), E-mails: <a href="mailto:maria.bayliak@pnu.edu.ua">maria.bayliak@pnu.edu.ua</a> ; <a href="mailto:bayliak@ukr.net">bayliak@ukr.net</a> Адреса: ауд. 606, 6-тий поверх, корпус факультету природних наук ПНУ ім. Василя Стефаника, вул. Галицька, 201, м. Івано-Франківськ
<b>Формат дисципліни</b>	очний (offline), заочний
<b>Обсяг дисципліни</b>	3 кредити, 90 год
<b>Посилання на сайт дистанційного навчання</b>	<a href="http://www.d-learn.pu.if.ua">www.d-learn.pu.if.ua</a>
<b>Консультації</b>	<p><i>Формат консультацій:</i> очні індивідуальні та групові консультації у робочі години, індивідуальні через е-мейл та онлайн-консультації.</p> <p><i>Робочі години</i> доступні для студентів, які мають будь-які питання, пов'язані з курсом: потребують подальшого уточнення або роз'яснення понять, представлених на лекції, потребують допомоги при виконанні домашнього завдання чи інших практичних питань, пов'язаних з курсом; були відсутні з поважних причин на заняттях і потребують відпрацювання чи роз'яснення пропущеного матеріалу. Якщо студенти не здали екзамен (або не отримали достатню кількість балів для допуску до екзамену), їм настійно рекомендується повторно працювати з незрозумілими питаннями, а потім обговорювати ці питання з викладачем.</p> <p>Години доступності викладача (Байляк М.М.) для студентів визначаються його розкладом. Зазвичай, це вівторок – четвер, з 10.00 до 16.00.</p> <p><i>Електронне листування та онлайн-спілкування:</i> очікується, що студенти мають доступ до е-мейлу і часто його перевіряють. Всі матеріали курсу (конспект лекцій, електронні версії книг та pdf формати наукових статей, додаткові методичні матеріали, лінки до корисних ресурсів) будуть надсилатися студентам через е-мейл. Через е-мейл також можна узгоджувати години консультацій чи незрозумілі питання. Також можливе вирішення робочих моментів через спілкування у <i>Facebook messenger</i>.</p>
<b>2. Анотація до курсу</b>	
<p>Молекулярна біологія – це розділ біології, який вивчає функціонування живих організмів через призму хімічної структури молекул, що входять до складу організмів. Всі живі організми побудовані з неживих хімічних речовин. Як і завдяки чому всі ці речовини разом злагоджено функціонують у живому організмі і таким чином забезпечують «живий стан» та відтворення організму? Яка потужна, регуляційна система діє в цьому випадку? Як у багатоклітинних організмів з однієї зиготи формується так багато видів клітин? Як відбувається розвиток організму, як він адаптується до умов середовища, і чому ми старіємо та хворіємо? Як працює ДНК, яка є сховищем генетичної інформації? Як передається ця інформація і як вона реалізується? Як працюють регуляторні системи? Який зв'язок між геном і білком, генотипом (сукупністю генів) та фенотипом (сукупністю білків) організму? До яких наслідків призводять порушення у регуляторних системах та структурі ДНК? І саме на ці запитання шукає відповіді молекулярна біологія. Що ж до компонентів, які входять у цю систему, – ДНК, РНК, білки, то всі вони мають свою структуру, яка є дуже динамічною і залежить від їх взаємодії. Для вивчення структури, функцій та взаємодії між біомолекулами використовуються як фізико-хімічні та біохімічні</p>	

(електрофорез, блотінг) методи дослідження, так специфічні молекулярно-біологічні техніки (метод ДНК-мікрочипів, ПЛР, технологія рекомбінатних ДНК тощо). Таким чином, у ході вивчення молекулярної біології ви дізнаєтесь про структуру генів та їх функції, механізми регуляції активності генів та методи, які використовуються для вивчення цих питань.

### 3. Мета та цілі курсу

**Мета:** дати поглиблені знання про структуру та функції генетичного матеріалу та механізми регуляції експресії генів у прокаріотів та еукаріотів; ознайомити з основними молекулярно-біологічними техніками (методами вивчення структури і функцій нуклеїнових кислот та білків та методами генної інженерії).

**Завдання:** дати уявлення про структуру та методи вивчення структури нуклеїнових кислот, хромосом та білків; дати поглиблені знання про механізми передачі та реалізації генетичної інформації (реплікація ДНК, транскрипція, процесинг, трансляція, мутації, репарація ДНК); ознайомити студентів з сучасними уявленнями про механізми регуляції експресії генів на дотранскрипційному (епігенетичному) рівні, на етапах транскрипції, посттранскрипційних змін РНК, трансляції та посттрансляційних модифікацій білків; ознайомити з ключовими молекулярно-генетичними механізмами, які беруть участь у регуляції розвитку та старіння організму, у адаптації живих організмів до дії несприятливих чинників довкілля та змін харчового раціону; дати студентам теоретичні основи основних методів, якими оперує сучасна молекулярна біологія для вирішення важливих теоретичних завдань таких, як розшифрування геному та встановлення подібності між геномами різних організмів, виявлення спадкових патологій та інфекційних захворювань, вивчення експресії генів на різних рівнях реалізації генетичної інформації, та практичних завдань – редагування геному для корекції спадкових порушень та створення генетично модифікованих організмів з корисними для людини властивостями

### 4. Результати навчання (компетентності)

- розуміння основних завдань та напрямків сучасної молекулярної біології, її взаємозв'язку з іншими біологічними дисциплінами, біотехнологією та медициною;
- володіння базовими знаннями про: хімічну структуру ДНК, РНК та білків; просторову структуру хромосом; механізм реплікації у прокаріотів, еукаріотів та вірусів; структурно-функціональну організацію та локалізацію генетичного матеріалу у прокаріотів та еукаріотів; регуляторні елементи генів; механізми транскрипції та трансляції; рівні, на яких здійснюється регуляція експресії генів: епігенетичний, транскрипційний (позитивний і негативний контроль в прокаріотів, регуляція за участю білків регуляторів транскрипції), постраскрипційний (процесинг про-мРНК, деградація РНК), трансляційний, постраскрипційний (ковалентна модифікація, активація та інгібування білків); основні методи виділення (гель-електрофорез) нуклеїнових кислот та аналізу експресії генів на рівні транскрипції (ПЛР, використання ДНК-мікрочипів та інгібіторів транскрипції), трансляції (електрофорез та імуноблотінг, використання інгібіторів трансляції), посттрансляційних модифікацій (визначення активності білкових продуктів); методи створення і клонування рекомбінантних ДНК з використанням генетичних векторів; поняття оперону і регулону, факторів транскрипції; приклади та механізми регуляції на рівні оперонів та регулонів, молекулярно-біологічні особливості відповіді організмів на несприятливі чинники (гіпоксія, оксидативний стрес, дія токсикантів тощо); сигнальні молекули та білки-сенсори, білки-регулятори відповіді та гени-мішені; молекулярні механізми регуляції клітинного циклу, старіння та апоптозу; особливості функціонування нутрієнт-чутливих сигнальних шляхів; типи мутацій, фізичні, хімічні та біологічні чинники, які спричиняють мутації; мутації як помилки реплікації; точкові мутації; випадковий та спрямований мутагенез; типи репарації ДНК (репарація вирізанням азотистої основи або нуклеотиду, репарація при реплікації, пряме відновлення пошкоджень).
- здатність пояснити, як будова та хімія нуклеїнових кислот співвідносяться зі своїми функціями, їхньою відносною стабільністю та їхньою взаємодією з білками;
- здатність описати функціональну взаємодію процесів центральної догми молекулярної біології на основі взаємозв'язку між структурою макромолекул та генетичними механізмами;
- здатність розшифрувати генетичний код та визначити послідовність амінокислот у білку на основі даних зі структури мРНК;
- розуміння принципів успадкування генетичного матеріалу, відмінностей у реплікації та транскрипції у прокаріотів та еукаріотів;
- здатність пояснити причини виникнення пошкоджень у ДНК;
- здатність на конкретних прикладах пояснити механізми фенотипової мінливості при зміні умов;

- здатність описати, як відбувається регуляція відповіді («включення генів») організму на дію зовнішніх чинників;
- знання правил техніки безпеки у лабораторіях, де працюють з ДНК та біологічним матеріалом;
- здатність аналізувати наукові статті, які використовують молекулярно-біологічні техніки або досліджують певні питання молекулярної біології;
- здатність здійснювати самостійний пошук нової інформації за допомогою мережі Інтернет;
- формувати власну точку зору відносно дискусійних питань молекулярної біології;
- проектувати та аналізувати результати досліджень, які мають на меті з'ясування певних аспектів експресії генів та функцій білків;
- підбирати адекватні методи для аналізу експресії генів на різних рівнях реалізації генетичної інформації;
- характеризувати рівень експресії генів, базуючись на даних кількісної ПЛР у реальному часі та використанні ДНК-мікрочипів, імуноблотінгу;
- виділяти ДНК, проводити електрофорез ДНК і білків;
- здійснювати генетичну трансформацію прокаріотів; проводити ідентифікацію рекомбінантних клонів бактерій шляхом посіву на селективні середовища;
- вміння доносити до широкого кола осіб інформацію про те, як відбувається успадкування генетичного матеріалу і як працюють гени; чому виникають пошкодження у ДНК і як цьому можна запобігти;
- здатність знаходити нову інформацію щодо досліджень молекулярних основ біологічних процесів, розробки нових методів для аналізу експресії генів, для діагностики та корекції спадкових порушень;
- вміння використовувати набуті знання у професійній галузі.

### 5. Організація навчання курсу

#### Обсяг курсу

Вид заняття	Загальна кількість годин
Лекції	14 (денна форма)/ 4 (заочна форма)
семінарські заняття / <u>практичні</u> / лабораторні	16(денна форма)/ 4 (заочна форма)
самостійна робота	60 (денна форма)/ 82 (заочна форма)

#### Ознаки курсу

Семестр	Спеціальність	Курс (рік навчання)	Обов'язковий / вибірковий
4	091 «Біологія» ОП Лабораторна діагностика (скорочений термін навчання)	2	Обов'язковий

#### Тематика курсу

Тема, план	Форма заняття (для денної форми)	Література	Завдання, год (для денної форми)	Вага оцінки	Термін виконання (для денної форми)
Тема. Вступ до молекулярної біології	Лекція №1	[1-7] Інтернет-ресурси та відео	1. Ознайомитись з матеріалом лекцій до заняття – 1 год. 2. Повторити з курсу біохімії «Реплікація. Транскрипція. Трансляція» - 1 год 3. Закріпити лекційний матеріал та ознайомитися з додатковим матеріалом за темою – 2 год $\Sigma=4 год.$	5 балів	1. 1-й тиждень навчання 2. 1-й тиждень навчання 3. 2-й тиждень навчання
Тема. ДНК:	Лекція №2	[1-7]	1. Ознайомитись з	5 балів	1. 2-й тиждень

структура та функції Тема. Синтез ДНК		Інтернет-ресурси та відео	матеріалом лекцій до заняття – 1 год. 2. Повторити з курсу біохімії «хімічна структура нуклеїнових кислот. Реплікація» – 1 год 3. Закріпити лекційний матеріал та ознайомитися з додатковим матеріалом за темою – 2 год $\Sigma=4 год.$		навчання 2. 2-й тиждень навчання 3. 3-й тиждень навчання
Структура нуклеїнових кислот. Методи виділення ДНК	Практичне заняття №1	[1-7] Інтернет-ресурси та відео	1. Опрацювати лекції №№1-2 2 год 2. Повторити з курсу біохімії «Хімічна структура нуклеїнових кислот. Гель-електрофорез. – 2 год $\Sigma=4 год$	5 балів	1. 2-й тиждень навчання 2. 2-й тиждень навчання
Тема. Транскрипція та трансляція. Тема. Регуляція експресії генів: загальні уявлення	Лекція №3	[1-7, 13, 19, 20] Інтернет-ресурси та відео	1. Ознайомитись з матеріалом лекцій до заняття – 1 год. 2. Повторити з курсу біохімії «Транскрипція. Трансляція» – 2 год 3. Закріпити лекційний матеріал та ознайомитися з додатковим матеріалом за темою – 1 год $\Sigma=4 год.$	5 балів	1. 3-й тиждень навчання 2. 3-й тиждень навчання 3. 4-й тиждень навчання
Реплікація ДНК.	Практичне заняття №2	[1-7] Інтернет-ресурси та відео	1. Опрацювати лекцію №2 - 2 год 2. Самостійно опрацювати питання «Ферменти реплікації». – 1 год $\Sigma=3 год$	5 балів	1. 4-й тиждень навчання 2. 4-ий тиждень навчання
Тема. Регуляція експресії генів: рівень транскрипції та трансляції	Лекція №4	[1-5, 8-14, 16, 19, 20] Інтернет-ресурси та відео	1. Ознайомитись з матеріалом лекцій до заняття – 1 год. 2. Закріпити лекційний матеріал та ознайомитися з додатковим матеріалом за темою – 1 год 3. Виконати завдання до самостійної роботи	5 балів	1. 4-й тиждень навчання 2. 5-й тиждень навчання 3. 5-й тиждень навчання

			– 2 год $\Sigma=4$ год.		
Регуляція експресії генів на рівні транскрипції. Методи дослідження	Практичне заняття №3	[1-5, 8-14, 16, 19, 20] Інтернет-ресурси та відео	1. Повторити лекції №№3-4 – 2 год 2. Ознайомитись з додатковим матеріалом – 2 год 3. Виконати завдання до самостійної роботи – 2 год $\Sigma=6$ год.	10 балів	1. 4-й тиждень навчання 2. 4-ий тиждень навчання
Тема. Регуляція експресії генів у бактерій та еукаріотів: конкретні приклади.  Тема. Лактозний оперон.	Лекція№5	[1-5, 15-16] Інтернет-ресурси та відео	1. Ознайомитись з матеріалом лекцій до заняття – 2 год. 2. Закріпити лекційний матеріал та ознайомитися з додатковим матеріалом за темою – 2 год $\Sigma=4$ год.	5 балів	1. 5-й тиждень навчання 2. 6-ий тиждень навчання
Тема. Трансляція. Методи визначення кількості білків (гель-електрофорез, імуноблотінг).	Практичне заняття №4	[1-6, 8-16] Інтернет-ресурси та відео	1. Самостійно опрацювати тему «Трансляція» – 2 год 2. Ознайомитись з додатковим матеріалом – 1 год 3. Повторити з біохімії методи визначення білків – 1 год $\Sigma=4$ год.	5 балів	1. 6-й тиждень навчання 2. 6-ий тиждень навчання 3. 5-ий тиждень навчання
Тема. Регуляція експресії генів: відповідь на дію оксидативного стресу у бактерії, дріжджів, рослин і тварин	Лекція№6	[9-13, 16-18] Інтернет-ресурси та відео	1. Ознайомитись з матеріалом лекцій до заняття – 2 год. 2. Закріпити лекційний матеріал та ознайомитися з додатковим матеріалом за темою – 2 год $\Sigma=4$ год.	5 балів	1. 7-й тиждень навчання 2. 8-ий тиждень навчання
Лактозний та триптофановий оперон у бактерій	Практичне заняття №5	[1-6] Інтернет-ресурси та відео	1. Повторити лекцію 5 – 1 год 2. Ознайомитись з додатковим матеріалом – 1 год $\Sigma=2$ год.	5 балів	1. 8-й тиждень навчання 2. 8-ий тиждень навчання
Відповідь на дію несприятливих чинників: молекулярні основи. Молекулярні основи старіння	Практичне заняття №6	[8-18, 20] Інтернет-ресурси та відео	1. Повторити лекцію №6 – 2 год 2. Ознайомитись з додатковим матеріалом – 2 год 3. Виконати завдання до	10 балів	1. 9-й тиждень навчання 2. 9-ий тиждень навчання 3. 9-ий тиждень навчання

			самостійної роботи – 1 год $\Sigma=5$ год.		
Тема. Молекулярні основи мутагенезу.  Тема. Репарація ДНК	Лекція №7	[1-5] Інтернет-ресурси та відео	1. Ознайомитись з матеріалом лекцій до заняття – 2 год. 2. Закріпити лекційний матеріал та ознайомитись з додатковим матеріалом за темою – 1 год $\Sigma=3$ год.	5 балів	1. 9-й тиждень навчання 2. 10-й тиждень навчання
Мутації: чинники, механізми та значення.	Практичне заняття №7	[1-6] Інтернет-ресурси та відео	1. Повторити лекцію №7 – 2 год 2. Ознайомитись з додатковим матеріалом – 1 год $\Sigma=3$ год.	5 балів	1. 10-й тиждень навчання 2. 10-й тиждень навчання
Загальні принципи створення генно-модифікованих організмів. Підсумкова контрольна робота.	Практичне заняття №8	[2-3] Інтернет-ресурси та відео	1. Самостійне опрацювання теми – 2 год 2. Підготовка до контрольної роботи – 2 год $\Sigma=4$ год.	15 балів	1. 11-й тиждень навчання 2. 11-й тиждень навчання
CRISPR/Cas-технологія	Самостійна робота	[21] Інтернет-ресурси та відео	1. Самостійне опрацювання теми – 2 год $\Sigma=2$ год	5 балів	1. 12-й тиждень навчання 2. 12-й тиждень навчання

### 6. Система оцінювання курсу

Загальна система оцінювання курсу	<p>Оцінювання знань і вмінь студентів з курсу «Молекулярна біологія» здійснюється за 100-бальною шкалою і включає у себе поточне оцінювання, модульний і семестровий контроль. <i>Семестровий контроль</i> проводиться у формі екзамену.</p> <p><i>Модульний контроль</i> включає у себе:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li><i>Поточний контроль</i> передбачає оцінювання активності студентів на лекціях та практичних заняттях протягом семестру.</li> <li><i>Підсумкову контрольну роботу</i> у кінці семестру, які проводиться для перевірки рівня засвоєння теоретичного матеріалу і практичних навичок студентів;</li> <li><i>Контроль самостійної роботи</i> у формі усного опитування.</li> </ol> <p>Поточний контроль – 35 балів Контрольна робота – 10 балів Самостійна робота – 5 балів Екзамен – 50 балів</p>
Вимоги до письмової (контрольної) роботи	Контрольні роботи можуть проводитись у вигляді тестів або письмової роботи. Письмова робота включає 5 питань: 3 питання за темами лекційного матеріалу і 2 питання за темами практичних занять. Кожне питання оцінюється максимум у 2 бали:

	<p>1) якщо відповідь на питання повна, вона оцінюється в 2 бали;</p> <p>2) якщо відповідь неповна, але викладено більше 1/3 передбаченого матеріалу, студент отримує 1 бал,</p> <p>3) якщо відповідь неповна і становить менше 1/3 передбаченого матеріалу – студент отримує 0 балів.</p> <p>Бали за кожне питання додаються. Максимальна сумарна кількість балів за письмову роботу – 10.</p> <p>Якщо контрольна робота проводиться у формі тестування, то максимально вона теж оцінюється у 10 балів. Кількість балів за кожне тестове питання залежить від кількості та складності питань.</p>
<p>Практичні заняття</p>	<p><i>Поточне оцінювання</i> здійснюється в національній (4-бальній) шкалі. <i>Оцінювання набутих знань, вмінь і навичок студентів при поточному оцінюванні здійснюються за наступними критеріями:</i></p> <p>«Відмінно» («5») – рівень засвоєння знань студентом високий; студент добре володіє лекційним матеріалом, має глибокі знання та розуміння тих питань, які виносились на самостійне вивчення; повністю виконує план самостійної підготовки, опрацьовує додаткову літературу, вмiє знаходити необхідну літературу; проявляє загальну біологічну ерудицію; <i>вмiє</i> критично аналізувати підготовлений матеріал, пропонувати своє бачення вирішення окремих питань, знаходити відповіді на складні питання шляхом інтеграції знань з різних біологічних дисциплін та інших дисциплін фахової підготовки.</p> <p>«Добре» («4») – рівень засвоєння знань студентом достатній; студент добре володіє лекційним матеріалом, має базові знання з тих питань, які виносились на самостійне вивчення; у достатній мірі виконує план самостійної підготовки, опрацьовує додаткову літературу; виявляє початкові здібності до нестандартного вирішення завдань.</p> <p>«Задовільно» («3») – рівень засвоєння знань студентом середній; може відтворити та частково проаналізувати значну частину лекційного матеріалу, розуміє основні поняття, проте не має сформованої цілісної картини про питання (проблему), що виносяться на розгляд; частково виконує план самостійної підготовки і не опрацьовує додаткової літератури.</p> <p>«Незадовільно» («2») – рівень засвоєння знань студентом низький; студент відтворює окремі фрагменти навчального матеріалу, не розуміє більшості понять; не виконує план самостійної підготовки; немає загальної картини знань; не готується до семінарських занять через систематичні пропуски лекцій та попередніх семінарів.</p>
<p>Умови допуску до підсумкового контролю</p>	<p>До підсумкового контролю допускаються студенти, які виконали та отримали оцінку за самостійну роботу, були присутніми на всіх практичних заняттях та принаймні на половині лекцій та отримали мінімум 25 балів допуску з 50 можливих. Якщо заняття були пропущені студентом з поважної причини, до допуск до підсумкового контролю дозволяється без відпрацювання пропущених занять, основним критерієм при оцінюванні на заліку буде рівень знань студента. Якщо студент пропустив лекційні та семінарські заняття без поважної причини, то дозволяється</p>

одноразове відпрацювання всіх занять у кінці курсу – у формі усного опитування або виконання індивідуального завдання.

### 7. Політика курсу

Обов'язковим є відвідування практичних занять, до лекційних занять – такої жорсткої вимоги немає (за умови, якщо студент спроможний самостійно опрацювати лекційний матеріал на основі конспекту лекцій, підручників та додаткових матеріалів, наданих для підготовки). Водночас, при поточному оцінюванні враховується активність студента на лекціях – його питання, коментарі, відповіді на поставлені питання. Спізнення на заняття небажані (максимально дозволене спізнення -10 хв). На заняттях не дозволяється користуватися мобільними телефонами та чи іншими мобільними пристроями під час заняття (крім випадків, передбачених навчальним планом та методичними рекомендаціями викладача). Забороняється списування та плагіат (якщо індивідуальні завдання передбачають написання реферату). Забороняється займатися сторонніми справами на занятті (н-д, готуватись до інших занять та спілкуватись у соцмережах).

Поточний контроль – оцінювання активності на лекціях, практичних заняттях здійснюється за 4-бальною шкалою. У кінці семестру отримані оцінки підсумовуються і переводяться у відповідну кількість балів за 100-бальною системою. Максимальна кількість балів за поточний контроль – 35 балів. Цю кількість балів студент може отримати за умови, якщо всі поточні оцінки «відмінно» і він не має пропусків занять без поважних причин. За невчасно виконані завдання (самостійну роботу) знижується кількість балів. У випадку наявності незадовільних оцінок за 50% і більше на заняттях і невиконання самостійної роботи, курс буде вважатися як непройдений студентом і потребуватиме повторної здачі.

На екзамені додатково враховуватимуться здатність працювати у команді (на практичних заняттях), очна участь студентів у конференціях, семінарах та тренінгах за темою курсу, якщо студент працює у напрямку.

### 8. Рекомендована література

1. Конспект лекцій
2. Глик Б., Пастернак Дж. Молекулярная биотехнология. Принципы и применения. М: Мир, 2002
3. Сингер М., Берг М. Гены и геномы: у 2 томах. М: Мир, 1998
4. Албертс Б., Брей Д., Льюис Дж., Рэфф М., Роберте К., Уотсон Дж. Молекулярная биология клетки: В 3-х т. 2-е изд. переб. М.: Мир, 1994.
5. Мушкамбаров В.Г. Молекулярная биология. М.: МИА, 2007. 536с.
6. Гонський Я.І., Максимчук Т.П., Калинський М.І. Біохімія людини. Тернопіль: Укрмедкнига, 2002.
7. Березов Т.Т., Коровкин Б.Ф. Биологическая биохимия. М.: Медицина, 1990. 528 с.
8. Lushchak V.I., Adaptive response to oxidative stress: Bacteria, fungi, plants and animals. *Comp. Biochem. Physiol. C Toxicol. Pharmacol.* 2011. Vol. 153, N 2. P. 175-190.
9. Лушчак В. И. Окислительный стресс у дрожжей. Обзор. *Биохимия*. 2010. Т. 75, №3. P. 346-364.
10. Semchyshyn H.M., Bayliak M.M., Lushchak V.I. Starvation in yeast: biochemical aspects. In: *Biology of starvation in human and other organisms / Edited by T.C. Merkin. Nova Science Publishers, Inc., 2010. Chapter 2.*
11. Marinho H.S, Real C., Cyrne L., Soares H., Antunes F. Hydrogen peroxide sensing, signaling and regulation of transcription factors. *Redox Biol.* 2014. Vol. 2. P. 535-562.
12. Bayliak M.M., Burdyliuk N.I., Izers'ka L.I., Lushchak V.I. Concentration-dependent effects of *Rhodiola rosea* on long-term survival and stress resistance of yeast *Saccharomyces cerevisiae*: the involvement of YAP 1 and MSN2/4 regulatory proteins. *Dose Response*. 2014. Vol. 1. P. 93-109.
13. Semchyshyn H. Hydrogen peroxide-induced response in *E. coli* and *S. cerevisiae*: Different stages of the flow of the genetic information. *Central European Journal of Biology*. 2009. Vol. 4, Issue 2. P.142-153.
14. Merino E., Jensen R.A., Yanofsky C. Evolution of bacterial trp operons and their regulation. *Curr Opin Microbiol.* 2008. Vol. 11, N2. P.78-86.
15. Kaeberlein M. Lessons on longevity from budding yeast. *Nature*. 2010. Vol. 464. P. 513-519.
16. Huang Y., Li W., Su Z.Y., Kong A.N. The complexity of the Nrf2 pathway: beyond the antioxidant response. *J. Nutr. Biochem.* 2015. Vol. 26, N 12. P. 1401-1413.
17. Lushchak V.I. Classification of oxidative stress based on its intensity. *EXCLI J.* 2014. Vol. 13. P. 922-937.
18. Lushchak V.I., Semchyshyn H.M. Oxidative Stress – Molecular mechanisms and biological effects.

- Croatia, InTechOpen, 2012. 362 p.
19. Yamada T., Nagahama M., Akimitsu N. Interplay between Transcription and RNA Degradation. In: *Gene Expression and Regulation in Mammalian Cells - Transcription From General Aspects*, Ed. F. Uchiumi, IntechOpen, 2018. P. 97-114.
  20. Ren R., Ocampo A., Liu G.H., Izpisua Belmonte J.C. Regulation of stem cell aging by metabolism and epigenetics. *Cell Metab.* 2017. Vol. 26, N 3. P. 460-474.
  21. Ledford, H. CRISPR: gene editing is just the beginning. *Nature* 531, 156–159 (2016)

#### **Відео**

Реплікація ДНК <https://www.youtube.com/watch?v=TNKWgcFPHqw>  
Транскрипція у прокариотів <https://www.youtube.com/watch?v=nJK-l7ByQAs>  
Триптофановий оперон [https://www.youtube.com/watch?v=EvLy\\_1\\_Y3tk](https://www.youtube.com/watch?v=EvLy_1_Y3tk)  
Лактозний оперон <https://www.youtube.com/watch?v=g9GvmofU6jQ>  
Трансляція <https://www.youtube.com/watch?v=qIwrhUrvX-k>  
Експресія генів у прокариотів та еукаріотів  
<https://www.youtube.com/watch?v=JQIwwJqF5D0>  
CRISPR/Cas-технологія [https://www.youtube.com/watch?v=6tw\\_JVz\\_IЕc](https://www.youtube.com/watch?v=6tw_JVz_IЕc)  
Регуляція експресії генів <https://www.youtube.com/watch?v=PTKF1hpmcWQ>  
ПЛР [https://www.youtube.com/watch?v=DH7o9Df5\\_50](https://www.youtube.com/watch?v=DH7o9Df5_50)  
Гель-електрофорез ДНК <https://www.youtube.com/watch?v=dSFQht-zIQs>  
Імуноблотинг [https://www.youtube.com/watch?v=Ll\\_7z4YS2Ak](https://www.youtube.com/watch?v=Ll_7z4YS2Ak)  
Структура ДНК та хромосом <https://www.youtube.com/watch?v=OjPcT1uUZiE>  
Від ДНК до білка <https://www.youtube.com/watch?v=D3fOXt4MrOM>  
Структура та функції ДНК <https://www.youtube.com/watch?v=RA9n0Enu5Gw>  
Технологія рекомбінантних ДНК [https://www.youtube.com/watch?v=ZW9zPdb\\_Bs0](https://www.youtube.com/watch?v=ZW9zPdb_Bs0)  
Репарація ДНК <https://www.youtube.com/watch?v=sr-ajrgvg5s>

**Викладач** Байляк Марія Михайлівна