

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Навчально-науковий інститут високих технологій

Кафедра супрамолекулярної хімії



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник директора  
з навчальної роботи

Грабчук Г.П.

«24» травня 2022 року

## РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### БІОІНЖЕНЕРІЯ

для студентів

галузь знань	№ 10 «Природничі науки»
спеціальність	№ 102 «Хімія»
освітній рівень	<u>Бакалавр</u>
освітня програма	«Хімія (Високі технології)»
вид дисципліни	<u>вибіркова</u>

Форма навчання	<u>денна</u>
Навчальний рік	2022/2023
Семестр	7
Кількість кредитів ECTS	4
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	іспит

Викладач: доц. Надія ПРКО

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

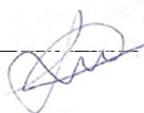
на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» 20\_\_р.  
(підпис, ПІБ, дата)

КИЇВ – 2022

Розробники: Надія ПІРКО, к.б.н., доцент кафедри молекулярної біотехнології  
Олексій НИПОРКО, к.б.н., доцент, завідувач кафедри молекулярної біотехнології

ЗАТВЕРДЖЕНО


Зав. кафедри супрамолекулярної хімії

\_\_\_\_\_ (Сergій РЯБУХІН)  
(підпис)  (прізвище та ініціали)

Протокол № 5 від «11» травня 2022р.

Схвалено науково - методичною комісією Інституту високих технологій

Протокол № 4 від «13» травня 2022 року

Голова науково-методичної комісії \_\_\_\_\_ (Наталя РУСІНЧУК)  
(підпис)  (прізвище та ініціали)

**Мета дисципліни** – ознайомити студентів з новою галуззю досліджень, як біоінженерія, що передбачає розробку біологічних компонентів, таких як гени, для створення нових продуктів або методів лікування, а також особливостями створення нових біологічних систем, що не існували раніше або перепроектувати вже існуючі.

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

1. Володіння науково-теоретичним та практичним матеріалом навчальних дисциплін, які викладаються студентам у попередніх семестрах.
2. Вміти самостійно застосовувати знання з клітинної біології з основами гістології, молекулярних основ еволюції живого, органічної хімії, фізичної хімії та ін. дисциплін, виконувати семінарські, лабораторні та практичні роботи, добре володіти методами статистичного аналізу, працювати з науково-методичною літературою.
3. Володіти елементарними навичками роботи з матеріалами та обладнанням, що використовуються в біологічних лабораторіях.

## **3. Анотація навчальної дисципліни:**

Предметом навчальної дисципліни є вивчення особливостей застосування різних методик біоінженерії для пошуку серед наявних біологічних систем, тих що можна переконфігурувати, надбудувати або змінює їх генетичну компоненту для отримання нових матеріалів та організмів, які в подальшому будуть застосовуватися для будівництва, безпечніших сполук для хвороб, інноваційних продуктів у біотехнології та навіть розуміння того, як створити кращі біологічні частини. Використовуючи штучний інтелект, як прикладний інструмент, можна навчитися створювати інтелектуальні мікроорганізми для вирішення багатьох різних завдань, включаючи управління відходами та лікування.

## **4. Завдання (навчальні цілі):**

- дати студентам загальне уявлення про методи та технології клітинної та генної інженерії;
- ознайомлення з сучасними методичними підходами та досягненнями в медичній генетиці та геноміці;
- ознайомити студентів із застосуванням технологій секвенування у різних областях генетичних досліджень: генотипуванні (вивченні варіацій генетичних послідовностей), повногеномному секвенуванні, аналізу рівня експресії генів і транскриптомів експресуємих в конкретних зразках, у епігенетиці (вивчення спадкових змін в регуляції генів, які відбуваються без змін в послідовностях ДНК);
- надати студентам загальне уявлення про методи та технології, що застосовуються в генній терапії;
- ознайомити студентів з протоколами та біоінформаційним інструментарієм для конструювання нових біологічних систем або рекомбінування вже існуючих;
- окреслити зв'язок даної дисципліни із різними міждисциплінарними проектами та суміжними науками.

Згідно з вимогами Стандарту вищої освіти України (перший (бакалаврський) рівень вищої освіти (сьомий рівень НРК України), галузь знань 10 «Природничі науки», спеціальність 102 «Хімія») дисципліна забезпечує набуття студентами компетентностей:

ЗК01. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК02. Здатність вчитися та оволодівати сучасними знаннями.

ЗК07. Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності).

ЗК10. Здатність до пошуку, критичного аналізу та обробки інформації з різних джерел

ЗК11. Здатність бути критичним і самокритичним.

ФК01. Здатність застосовувати знання і розуміння математики та природничих наук для вирішення якісних та кількісних проблем в хімії.

ФК02. Здатність розпізнавати і аналізувати проблеми, застосовувати обґрунтовані методи вирішення проблем, приймати обґрунтовані рішення в області хімії.

ФК03. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт виходячи із вимог хімічної метрології та професійних стандартів в галузі хімії.

ФК14. Здатність розуміти взаємозв'язок «Хімічна речовина» - «Біологічна роль».

ФК15. Здатність прогнозувати появу біологічної активності хімічної сполуки.

ФК16. Здатність провести експрес-тести на прояв біологічної активності.

## 5. Результати навчання за дисципліною:

Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)		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			
<b>Знати</b>				
1.1	Знати організацію геномів різних організмів, каріотипування людини, сучасну цитогенетичну номенклатуру. Знати поняття про ген, класифікацію генів. Індукція та репресія генів. Регуляція експресії про- та еукаріотичних генів. Знати бази даних нуклеотидних та білкових послідовностей.	Лекції, лабораторні заняття	Модульна контрольна робота, оцінювання презентацій/доповідей, вирішення дослідницьких задач/ доповнень, іспит	10
1.2	Знати терміни, поняття та основні методи, що використовуються у клітинної, генетичної та метаболічній інженерії; переваги та ризики, пов'язані з використанням різних продуктів генетичної та клітинної інженерії в біотехнологічному виробництві; особливості генетично змінених організмів та їх механізми контролю.	Лекції, лабораторні заняття	Модульна контрольна робота, оцінювання презентацій/доповідей, вирішення дослідницьких задач/ доповнень, іспит	10
1.3	Знати нові технології та підходи отримання нових біологічних систем, які набувають нових якостей або отримання нових медичних препаратів для лікування, генного корегування; знати програмне забезпечення яке застосовується для цього процесу.	Лекції, лабораторні заняття	Модульна контрольна робота, оцінювання презентацій/доповідей, вирішення дослідницьких задач/ доповнень, іспит	10
1.4	Знати перспективні напрямлення системи CRISPR-Cas9, як технології редагування генома людини; основні етапи становлення генотерапії; хвороби-кандидати для генної терапії	Лекції, лабораторні заняття	Модульна контрольна робота, оцінювання презентацій/доповідей, вирішення	10

			дослідницьких задач/ доповнень, іспит	
<b>Вміти</b>				
2.1	Вміти працювати з приладами молекулярно-генетичних лабораторій, виділяти ДНК різними методами з різних об'єктів та оцінювати якість та кількість виділеної ДНК; вміти проводити пошук та дизайн праймерів (маркерів) для генетичних досліджень, користуватися методом ПЛР; здійснювати візуалізацію продуктів ПЛР за допомогою електрофоретичних методів дослідження.	Лабораторні заняття	Модульна контрольна робота, оцінювання презентації/ вирішення дослідницьких задач, іспит	10
2.2	Вміти користуватись платформами, що базуються на різних методах секвенування, платформами доставки ліків, стільникова платформа та інше;	Лабораторні заняття	Модульна контрольна робота, оцінювання презентації/ вирішення дослідницьких задач, іспит	10
2.3	Вміти вирівнювати конкретних послідовностей за допомогою різних комп'ютерних програм та алгоритмів вирівнювань, проводити аналіз даних секвенування. Здійснювати написання лабораторного звіту за отриманими даними.	Лабораторні заняття	Модульна контрольна робота, оцінювання презентації/ вирішення дослідницьких задач, іспит	10
2.4	Вміти обирати методи синтетичної біології для вирішення певної дослідницької задачі; Оцінювати, які нові лінії організмів можна створити за допомогою того чи іншого методу	Лабораторні заняття	Модульна контрольна робота, оцінювання презентації/ вирішення дослідницьких задач, іспит	15
<b>Комунікація</b>				
3.1	Представляти результати проведеної роботи у формі доповідей/презентацій з використанням сучасних технологій, коректно вести дискусію	Лабораторні заняття	оцінювання презентації/ вирішення дослідницьких задач, звіт	5
<b>Автономність та відповідальність</b>				
4.1	Самостійно вивчати наукову літературу та обирати генетичні і молекулярні методи вирішення певної дослідницької задачі для проведення повногеномного секвенування	Самостійна робота	Підготовка презентації, вирішення дослідницьких задач	10

**6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання**

<b>Результати навчання дисципліни (код)</b>	<b>1.1</b>	<b>1.2</b>	<b>1.3</b>	<b>1.4</b>	<b>2.1</b>	<b>2.2</b>	<b>2.3</b>	<b>2.4</b>	<b>3.1</b>	<b>4.1</b>
<b>Програмні результати навчання (назва)</b>										
ПРН.26. Розуміти зміну/появу біологічної функції при перебігу біохімічних перетворень.	+	+	+	+					+	+
ПРН.27. Прогнозувати появу біологічної активності хімічної сполуки.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	

## 7. Схема формування оцінки.

### 7.1 Форми оцінювання студентів:

#### - семестрове оцінювання:

1. Модульна контрольна робота 1 – РН 1.1; 1.2. – 25 балів/ 12,5 балів
2. Модульна контрольна робота 2 – РН 1.3; 1.4 – 25 балів/ 12,5 балів
3. Семинарські заняття – РН 2.1 - 2.4; 3.1 – 20 балів/10 балів
4. Оцінювання презентацій, доповідей, дослідницьких задач, доповнень РН 4.1 – 30 балів/15 балів

#### - підсумкове оцінювання: у формі іспиту

Підсумкова оцінка з освітнього компонента в цілому є підсумковою формою контролю за яким встановлено іспит, визначається як сума оцінок (балів) за всіма успішно оціненими результатами навчання під час семестру (оцінки нижче мінімального порогового рівня до підсумкової оцінки не додаються) та оцінки, отримані під час іспиту.

Форма проведення іспиту – письмово-усна, вид письмових завдань – контрольна робота комбінованого типу (відкриті та тестові запитання). Результатами навчання, які оцінюються під час проведення іспитує РН 1.1-2.4, 4.1. Максимальна кількість балів, яка може бути отримана здобувачем освіти під час іспиту, становить 40 балів за 100 бальною шкалою.

Перескладання семестрового контролю з метою покращення оцінки не допускається.

#### - умови допуску до підсумкового іспиту:

Студент допускається до іспиту лише за умови успішного написання двох модульних контрольних робіт (по кожній не менше 50% правильних відповідей) та підготовку презентацій та вирішення семінарських дослідницьких задач. Студент не допускається до іспиту, якщо під час семестру набрав менше ніж 20 балів.

### 7.2 Організація оцінювання:

Оцінювання результатів модульних контрольних робіт, дослідницьких задач, презентацій, усних відповідей та доповнень проводиться протягом семестру. Модульні контрольні роботи 1 та 2 проводяться після завершення лекцій із відповідних розділів. Оцінювання презентацій, успішності розв'язку семінарських дослідницьких задач, усних доповідей відбувається упродовж лекційних курсів та перевірки результатів самостійних робіт.

### 7.3 Шкала відповідності оцінок

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

## 8. Структура навчальної дисципліни.

### Тематичний план лекцій та практичних занять

№ п/п	Номер і назва теми*	Кількість годин		
		Лекції	Лабораторні заняття	Самостійна робота
<b>Розділ 1. Організація геному. Клонування та трансфер генів. Генетично змінені організми.</b>				
1	<b>Лекція 1.</b> Вступ. Предмет і задачі біоінженерії. Сучасний стан біоінженерії як міждисциплінарної науки.	2		
2	<b>Лекція 2.</b> Геномна структура про- та еукаріот. Організація геному людини та практична медицина. Варіації геному людини. Проект «геном людини»	2		
3	<b>Лабораторне заняття 1.</b> Молекулярно-генетичні лабораторії. Техніка безпеки та правила, що висуваються до персоналу молекулярно-генетичних лабораторій. Ознайомлення з особливостями виділення ДНК з різних об'єктів. Перевірка якості ДНК-суміші, ознайомлення з етапами проведення ПЛР. Приготування реакційної суміші для проведення ПЛР та ПЛР у реальному часі.		4	
4	<b>Лекція 3.</b> Молекулярне клонування генів: особливості та підходи. Методи клонування про- та еукаріот. Синтез штучної ДНК.	2		
5	<b>Лекція 4.</b> Біоінформаційний пошук нуклетидної послідовності генів, секвенування геному, отримання кДНК, створення генетичних конструкцій. Повногеномне секвенування.	2		
6	<b>Лабораторне заняття 2.</b> Ознайомлення з методами електрофоретичного розділення нуклеїнових кислот в поліакриламідому та агарозному гелях. Порівняльний аналіз цих методів. Оцінка переваг та недоліків.		3	
7	<b>Лекція 5.</b> Застосування різних систем переносників чужорідної інформації та репортерів. Класифікація векторних конструкцій, промотори, термінатори, репортерні гени, селективні маркерні гени для про- та еукаріот.	2		
8	<b>Лабораторне заняття 3.</b> Методи генетичної трансформації. Сфери застосування продуктів генетичної інженерії. Особливості будови клітинної стінки <i>Escherichia coli</i> . Човникові вектори для трансформації бактерій. Біодеградація за допомогою генетично змінених рослин та мікроорганізмів. Генетично модифіковані тварини, генетично модифіковані рослини.		3	



9	<b>Лекція 6.</b> Нанобіотехнологічні підходи в генетичній інженерії. Використання наночастинок як лікувальних препаратів нового покоління.	2		
10	<b>Лекція 7.</b> Генетична інженерія про- та еукаріот. Методи генно-інженерних технологій.	2		
	<b>Лабораторне заняття 4.</b> Біодеградація за допомогою генетично змінених рослин та мікроорганізмів. Генетично модифіковані тварини, генетично модифіковані рослини.		3	
11	<b>Самостійна робота.</b> Електрофорез - метод візуалізації білків та нуклеїнових кислот. Класифікація методу електрофорезу. Переваги та недоліки різних видів електрофоретичного розділення нуклеїнових кислот. Методи та об'єкти генетичних досліджень. <i>Механізм переносу T-ДНК. Неонкогенні маркери для трансформації рослин. Вимоги до векторної ДНК, її склад. Селективні гени для відбору трансгенних клітин.</i> Застосування теорії ймовірності для розв'язування генетичних задач. Типи взаємодії генів. Аналіз спадкування багатфакторних ознак у людини. Фізико-хімічні особливості ДНК. Генетика спадкових хвороб. Види ДНК. Картування кільцевих геномів. Пошук значущих SNP в електронних базах даних. Принципи роботи з генетичною базою даних OMIM. Самостійно розібрати OMIM Frequently Asked Questions (FAQs) Самостійно переглянути OMIM External Links. Здійснювати пошук цільових генів та хвороб. Генетично модифіковані тварини, генетично модифіковані рослини.			32
<b><i>Розділ 2. Допоміжні технології редагування геному. Платформи доставки ліків.</i></b>				
12	<b>Лекція 8.</b> Методи секвенування ДНК. Принцип роботи. Етапи: підготовка бібліотек ДНК-зразків, кластеризація, секвенування та аналіз даних. Біоінформаційний інструментарій. Використання секвенування як метод ідентифікації синтетичних систем, як засіб визначення нуклеотидної послідовності та її перекомбінації.	2		
	<b>Лабораторне заняття 5.</b> Принципи роботи з генетичною базою даних OMIM. Самостійно розібрати OMIM Frequently Asked Questions (FAQs) Самостійно переглянути OMIM External Links. Здійснювати пошук цільових генів та хвороб.		3	
13	<b>Лекція 9</b> Штучний синтез ДНК та генів. Олігонуклетид-направлений мутагенез та інше. Бази даних синтетичних генів, реєстр стандартних біологічних частин. Синтетична геноміка.	2		

14	<b>Лабораторне заняття 6.</b> Знайомлення з піросеквенуванням. Вибір та опис послідовності ДНК для аналізу методом піросеквенування. Праймери та послідовності. Схема проведення експерименту. Програмне забезпечення для RugoMark Q24.NGS лабораторії. Правила роботи, особливості робочого процесу, інтерпретація отриманих даних. Програмне забезпечення.		3	
15	<b>Лекція 10.</b> Генотерапія. Замісна та корегуюча генотерапія. Приклади лікування людей за допомогою гемотерапії. Система CRISPR-Cas9, як технологія редагування генома людини. Перспективні напрямлення системи CRISPR-Cas9.	2		
	<b>Лабораторне заняття 7.</b> Генотерапія старіння. Генотерапія різних захворювань. Генотерапія мультифакторних захворювань.		3	
16	<b>Лекція 11.</b> Технологія Biobricks, 3-D та 4-D принтери для створення синтетичних організмів, телепортація біоматеріалу, організмів.	2		
17	<b>Лекція 12.</b> Синтетична геноміка. Метод збірки Гібсона. технології пов'язаної з трансформацією рекомбінації (TAR), полімеразна циклічна збірка (PCA) Неприродна пара основ (UBP). Біоройд.	2		
18	<b>Лекція 13.</b> Синтетичне життя. Лабораторія мікоплазми. Протоклітина. Приклади синтетичних клітин. Біологічні комп'ютери. Ксенобіологія. Аналог нуклеїнової кислоти, ксенонуклеїнова кислота, неприродна пара основ, розширений генетичний код, дзеркальне життя	2		
19	<b>Лабораторне заняття 8.</b> Огляд баз даних, в яких можна знайти інформацію про послідовності ДНК та білків людини. Базы даних та інструменти на NCBI. Базы даних та ресурси на EMBL-EBI. Геномні браузері. Базы даних синтетичних генів.		3	
	<b>Лекція 14.</b> Платформи доставки ліків. Планформи на основі бактерій, стільникові платформи, біодруковані органи. Інші трансплантації та індукована регенерація. Синтетична імунологія.	2		
	<b>Лабораторне заняття 9.</b> Наночастинки, штучні клітини та мікрокраплі. Синтетичні мікрокраплі для водоростевих клітин або синергетичних водоростево-бактеріальних багатоклітинних сфероїдних мікробних реакторів, Наномедицина. Прецизійна медицина.		3	
20	<b>Самостійна робота.</b> Генетичні аспекти еволюції геному людини. Профілактика та лікування спадкових хвороб людини. Здоров'я та безпека людини. Проблеми			32

	психогенетики. Сенсорні системи організму. Нервова та гуморальна інтеграція організму. Швидкість нервових процесів та інтелект. Емоційний інтелект. Особливості поведінкових ознак в нормі та патології. Захворювання аутичного спектру. Органічні зміни мозку та системні порушення психіки та психічних захворювань.			
	<b>ВСЬОГО</b>	<b>28</b>	<b>28</b>	<b>64</b>

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

Лекцій – **28 год.**

Семінарські заняття – **28 год.**

Самостійна робота – **64 год.**

## 9. Рекомендовані джерела:

### Основна: (Базова)

1. Levskaya, A.; et al. (2005). ""Synthetic biology " engineering Escherichia coli to see light". *Nature*. **438** (7067): 441–442. [Bibcode:2005Natur.438..441L](#). [doi:10.1038/nature04405](#). [PMID 16306980](#). [S2CID 4428475](#).
2. Melanie Kappelmann-Fenzl. Next Generation Sequencing and Data Analysis. Learning Materials in Biosciences. / Springer Nature Switzerland AG - 2021 – 211p.
3. Melanie Kappelmann-Fenzl "Next Generation Sequencing and Data Analysis" Branton D., Deamer D. "Nanopore Sequencing: An Introduction"
4. Head S. R., Ordoukhanian P., Salomon D. R. "Next Generation Sequencing: Methods and Protocols"
5. Kulski J. K. "Next Generation Sequencing Advances, Applications and Challenges"
6. Miller M., Hafner M., Sontag E., Davidsohn N., Subramanian S., Purnick P.E., Lauffenburger D., Weiss R. Modular design of artificial tissue homeostasis: robust control through synthetic cellular heterogeneity.- *PLoS Comput. Biol.* 2012. – V. 8, N. 7:e1002579.
7. Borovaya M. N., Burlaka O. M., Yemets A. I., Blume Ya. B. Biosynthesis of Quantum Dots and Their Potential Applications in Biology and Biomedicine **Nanoplasmonics, Nano-Optics, Nanocomposites, and Surface Studies** (Eds. Fesenko O., Yatsenko L.), **Springer-Verlag: Springer Proceedings in Physics**, 2015, Volume 167, Chapter 24, pp. 339-362
8. Burlaka O.M., Pirko Ya.V., Yemets A.I., Blume Ya.B. Application of carbon nanotubes for plant genetic transformation **Nanocomposites, Nanophotonics, Nanobiotechnology, and Applications** (Eds. Fesenko O., Yatsenko L.), **Springer-Verlag: Springer Proceedings in Physics**, 2015, V. 156, Chapter 20, pp. 233-255

### Додаткова:

1. Сиволоб А.В., Рушковський С.Р., Кир'яченко С.С. та інш. Генетика: підручник. – К.: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2008 .
2. Демидов С.В., Безруков В.Ф., Сиволоб А.В. та інш. Загальна і молекулярна генетика. Практикум. – К.: Фітосоціоцентр, 2005.
3. Оцінка токсичності та генотоксичності наночастинок Ag<sub>2</sub>S, синтезованих за допомогою біологічних матриць, на тест-системі *Drosophila melanogaster* Mg. (Diptera: Drosophilidae). Проценко О.В., Ясінський Я., Горюнова І.І., Пірко Н.М. // Фактори експериментальної еволюції організмів. – 2018. – Том 23. – С.114-119.
4. Spooner D., Van Treuren R., De Vicente M.C. Molecular marker for gene bank management // *IPGRI Technical Bulletin*. - 2005. - No.10. - 127 p.
5. *Molecular Cloning: A Laboratory Manual*, Third Edition (3 volume set) Joseph Sambrook, David W. Russel // Cold Spring Harbor Laboratory Press. Cold Spring Harbor, New York - 2001. - 2222 pp.
6. VanGuilder HD, Vrana KE, Freeman WM (2008). «Twenty-five years of quantitative PCR for gene expression analysis». *Biotechniques* 44: 619–626.
7. 10. Nolan T, Hands RE, Bustin SA (2006). «Quantification of mRNA using realtime RT-PCR.». *Nat. Protoc.* 1: 1559–1582.
8. Chen, Y. Y.; Jensen, M. C.; Smolke, C. D. (2010). "[Genetic control of mammalian T-cell proliferation with synthetic RNA regulatory systems](#)". *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* **107** (19): 8531–6. [Bibcode:2010PNAS..107.8531C](#).
9. Burlaka O.M., Pirko Ya.V., Yemets A.I., Blume Ya.B. Application of Carbon Nanotubes for Plant Genetic Transformation // *Nanocomposites, Nanophotonics, Nanobiotechnology, and Applications*. Fesenko O., Yatsenko L. (Eds.) – Springer Proc. Phys. – Springer, Switzerland: 2014. – V. 156 – P. 233-256.

### Інтернет-ресурси:

1. <https://www.illumina.com/index-d.html>

2. <https://www.thermofisher.com/ua/en/home/brands/ion-torrent.html>
3. <https://www.qiagen.com/us/product-categories/discovery-and-translational-research/pyrosequencing/instruments/>
4. <https://nanoporetech.com/>
5. [https://en.wikipedia.org/wiki/Synthetic\\_biology](https://en.wikipedia.org/wiki/Synthetic_biology)
6. [https://www.pacb.com/NCBI\\_databases](https://www.pacb.com/NCBI_databases) <http://www.ncbi.nlm.nih.gov>
7. OMIM database <https://www.omim.org/>
8. Encyclopedia of DNA elements <http://genome.ucsc.edu/ENCODE/>
9. The Cell, A Molecular Approach. 2nd edition. Cooper G.M.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK9839/>
10. MedlinePlus: Medical Dictionary <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/mplusdictionary.html>
11. Barth D.S. <http://psych.colorado.edu/~dbarth/>