

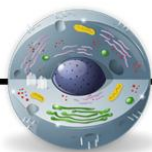
Міністерство освіти і науки України
Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя
ДЗ "Луганський національний університет імені Тараса Шевченка"
Природничий університет у Вроцлаві
Університет кардинала Стефана Вишинського у Варшаві
Телавський державний університет ім. Якова Гогебашвілі
Університет імені Сулеймана Деміреля в Іспарті

XI Міжнародна заочна науково-практична конференція

АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ БІОЛОГІЧНОЇ НАУКИ

**(до 220-ї річниці з дня заснування
Ніжинської вищої школи)**

Збірник статей



Ніжин
17 квітня 2025 року

Міністерство освіти і науки України
Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя
ДЗ "Луганський національний університет імені Тараса Шевченка"
Природничий університет у Вроцлаві
Університет кардинала Стефана Вишинського у Варшаві
Телавський державний університет ім. Якова Гогешвілі
Університет імені Сулеймана Деміреля в Іспарті

XI Міжнародна заочна науково-практична конференція

АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ БІОЛОГІЧНОЇ НАУКИ (до 220-ї річниці з дня заснування Ніжинської вищої школи)

Збірник статей

Ніжин
17 квітня 2025 року

Ministry of Education and Science of Ukraine
Nizhyn Mykola Gogol State University, Ukraine,
Luhansk Taras Shevchenko National University, Ukraine,
Cardinal Stefan Wyszynski University in Warsaw, Poland,
University of Environmental and Life Sciences, Wrocław, Poland
Iakob Gogebashvili Telavi State University, Georgia,
Süleyman Demirel University, Isparta, Turkey

XI International extramural scientific and practical Conference

CURRENT ISSUES OF BIOLOGICAL SCIENCE (for the 220th anniversary of the founding of Nizhyn Higher School)

Book of articles

Nizhyn
April 17, 2025

Редакційна колегія:

Давіташвілі М., доктор біологічних наук, професор, факультет аграрних, природничих наук і технологій, програмний координатор відділу забезпечення якості, Телавський державний університет ім. Якова Гогешвілі, Грузія.

Antonowicz Jozef Piotr., Doctor of Biological Sciences, Professor, Department of Environmental Chemistry and Toxicology, Pomeranian University in Slupsk, Poland.

Кучменко О.Б., доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри біології, Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя, Україна.

Гавій В.М., кандидат біологічних наук, доцент кафедри біології, Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя, Україна.

Ігнатенко Т.Г. – технічний редактор.

Відповідальний за випуск: Гавій В.М.

XI Міжнародна заочна науково-практична конференція "Актуальні питання біологічної науки" (до 220-ї річниці з дня заснування Ніжинської вищої школи): Збірник статей – Ніжин: НДУ імені Миколи Гоголя, 2025. – 256 с.

Збірник містить матеріали XI Міжнародної заочної науково-практичної конференції "Актуальні питання біологічної науки" (до 220-ї річниці з дня заснування Ніжинської вищої школи) (Ніжин, 17 квітня 2025 р.).

Видання адресоване науковцям, викладачам, учителям, аспірантам та всім, хто цікавиться проблемами сучасної біологічної науки та методикою викладання біологічних дисциплін.

У текстах матеріалів конференції, опублікованих у даному збірнику, збережено авторський стиль викладу матеріалу. За достовірність поданої інформації та можливість її відкритого друку несуть відповідальність автори.

ISBN 978-617-527-315-9

© Ніжинський державний університет
імені Миколи Гоголя, 2025

13.	Соколовська-Сергієнко О.Г., Кірізій Д.А., Стасик О.О., Голоборода А.С., Тарасюк М.В. Активність фотосинтетичного апарату озимої пшениці за обробки добривом ЕКОЛАЙН Фосфітний (К)	60
14.	Шевченко В.В., Бондаренко О.Ю. Зміни вмісту захисних хлоропластних шаперонів родини 20-22 кД та активності фотосинтетичного апарату у сучасних сортів озимої пшениці за окремої та спільної дії посухи та високої температури	64
15.	Шекера А.І, Гавій В.М. Вплив метаболічно активних речовин на енергію проростання насіння пшениці твердої ярої	72
16.	Шмаровоз Є. Р. Зміни фотосинтетичної активності та пігментного складу листків проса під впливом біологічно активних сполук	75
	Зоологія.....	78
17.	Кузьменко Л.П., Вакулік Н.С. Орнітонаселення села Хотинівка у період весняних та осінніх міграцій	79
18.	Рековець Л.І., Кузьменко Л.П., Демешкант В.І. Актуалізація поглядів на ідею еволюції та еволюціонізм.....	84
	Біохімія і молекулярна біологія.....	93
19.	Бакуменко К., Михайлова А., Яніцька Л. Механізми хіміорезистентності пухлинних клітин: молекулярні аспекти	94
20.	Варич О.С., Михайлова А.Г., Яніцька Л.В. Використання CRISPR/Cas9 для вивчення та корекції генетичних мутацій при серцево-судинних захворюваннях	97
21.	Васічкіна Є.С., Постернак Н.О., Яніцька Л.В. Транскрипційна нестабільність ядерного та мітохондріального геному як молекулярна основа спадкових захворювань	101
22.	Вільховой В.А., Данілков М.О., Постернак Н.О., Яніцька Л.В. Пріони як інфекційні агенти: шляхи поширення та механізми нейродегенерації	105
23.	Войтешенко К. С., Михайлова А. Г., Яніцька Л.В. Перспективи використання мікроРНК у діагностиці, терапії та прогнозуванні розвитку меланоми	110
24.	Гавій Т.А., Кучменко О.Б. Окисна модифікація білків у пацієнтів з хронічною серцевою недостатністю	113

25. Гармаш В., Михайлова А., Яніцька Л. Роль протеїнкіназ RIPK1 та RIPK3 у механізмі некроптозу	116
26. Герасименко Д.С., Постернак Н.О., Яніцька Л.В. Секвенування наступного покоління (NGS): сучасний стан і перспективи.....	120
27. Гончаров Д.М., Ячна М.Г., Третяк О.П. Вплив мікотоксину T2 на вміст загальних ліпідів у тканинах карася.....	123
28. Іванова М., Михайлова А., Яніцька Л. Механізм і застосування CRISPR/Cas-9-опосередкованого редагування геному	127
29. Лавриненко В.І., Постернак Н.О., Яніцька Л.В. Молекулярні механізми загибелі клітини.....	131
30. Липлянська В.С., Постернак Н.О., Яніцька Л.В. Роль mtp53 в онкогенезі	136
31. Мінченко А.Ю., Михайлова А.Г., Яніцька Л.В. Терапевтичне використання наночастинок у лікуванні онкологічних захворювань.....	140
32. Мусійчук О.Є., Постернак Н.О., Яніцька Л.В. Роль ендоплазматичного ретикулуму в ініціації апоптозу	143
33. Петренко В. В., Бакатіна А. Ю. Молекулярно – генетичні механізми старіння.....	147
34. Черевко О.О., Кучменко О.Б. Сучасні уявлення про патогенетичні механізми взаємозв'язку між цукровим діабетом II типу та облітеруючим атеросклерозом....	154
35. Чечота К.О., Михайлова А.Г., Яніцька Л.В. Епігенетичне перепрограмування клітин як шлях до реверсивного старіння.....	160
Біотехнологія	163
36. Броннікова Л.І., Хоменко Л.О. Дія впливу фільтату гриба <i>Penicillium vitale</i> та метаболізм проліну і біотехнологічних рослин пшениці озимої	164
Біомедицина та фармакологія	170
37. Дубовик В. М. Вплив патології передміхурової залози на репродуктивну функцію у чоловіків молодого віку	171
38. Мазило С.С. Чинники ризику розвитку злоякісних новоутворень у жителів Чернігівської області.....	174

Механізм і застосування CRISPR/Cas-9-опосередкованого редагування геному

Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, Україна

CRISPR is an advanced genome editing technology that opens up broad possibilities in medicine and molecular biology. Its application allows for the effective treatment of hereditary diseases, the prevention of antibiotic resistance in bacteria, the modification of disease vectors—such as malaria-carrying mosquitoes—and the development of new methods for combating cancer.

Ключові слова: CRISPR-Cas9, генетичний матеріал, редагування геному, шенна терапія.

Актуальність. Редагування геному за допомогою технології CRISPR/Cas є однією з найперспективніших інновацій у сучасній біології та медицині. Цей інструмент дозволяє цілеспрямовано редагувати послідовності ДНК, що відкриває нові можливості у лікуванні спадкових та онкологічних захворювань, а також у створенні стійких до інфекцій організмів. Зростаюча роль CRISPR у молекулярній діагностиці, генної терапії та біотехнологічних розробках визначає її стратегічне значення для розвитку персоналізованої медицини та біомедичних досліджень, що зумовлює актуальність подальшого вивчення цієї технології.

Основна частина. **CRISPR (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats)** – це особливі повторювані паліндромні послідовності, вперше виявлені в геномі прокаріотичних організмів [1]. Японський вчений Ішіно та його команда (1987) випадково зафіксував незвичайні ділянки ДНК у бактерії *Escherichia coli*, які склалися з повторів, розділених унікальними вставками – так званими спейсерами. Згодом було з'ясовано, що ці спейсери є залишками ДНК вірусів, з якими бактерія стикалася раніше. У 2007 році науковцями було доведено, що система CRISPR відіграє центральну роль в адаптивному імунитеті прокаріотів, захищаючи їх від повторних вірусних атак. Під час імунізації клітини бактерії вбудовують короткі фрагменти чужорідної ДНК у спеціалізовану область геному — CRISPR-масив. Ці фрагменти слугують своєрідною генетичною пам'яттю про попередні інфекції. При повторному зараженні відповідна РНК, транскрибована з CRISPR-масиву, направляє білок Cas (CRISPR-associated protein) до вірусної ДНК, забезпечуючи її розпізнавання і знищення. Прорив стався у 2012 році, коли Дженніфер Дудна та Еммануель Шарпентьє продемонстрували, що CRISPR/Cas9 можна перепрограмувати для цілеспрямованого редагування будь-

якої послідовності ДНК, використовуючи штучно створену РНК-наведення. Цей винахід заклав основу сучасного геномного редагування.

Ключовими компонентами системи CRISPR/Cas є направляюча РНК (gRNA), що відповідає за розпізнавання цільової ділянки ДНК, та ендонуклеаза, яка здійснює розріз ДНК у заданому місці. gRNA складається з двох основних елементів: CRISPR-РНК (crRNA), яка містить послідовність довжиною 18–20 нуклеотидів і відповідає за специфічне зв'язування з мішенню в ДНК, і транскрипційно активуючої РНК (tracrRNA), яка формує структурну платформу для зв'язування з ферментом Cas9. У природних умовах прокаріоти використовують цю систему для розпізнавання й нейтралізації вірусної ДНК. Проте у лабораторних умовах для редагування геному crRNA і tracrRNA об'єднують у штучну одноланцюгову направляючу РНК (sgRNA), яку можна запрограмувати для націлювання на практично будь-яку генетичну послідовність [2]. Білок Cas-9 має складну структуру, що складається з двох основних функціональних частин: частини розпізнавання (REC) та частини нуклеази (NUC). Сегмент REC включає домени REC1 і REC2, які відповідають за приєднання до направляючої РНК (sgRNA). Частина NUC містить домени RuvC і HNH, які виконують функцію розщеплення кожного з ланцюгів ДНК, а також PAM-специфічний домен, який забезпечує взаємодію з послідовністю Protospacer Adjacent Motif (PAM) – ключовою для ініціації зв'язування з ДНК-мішенню.

Механізм редагування геному CRISPR/Cas-9 загалом можна розділити на три етапи: розпізнавання, розщеплення та відновлення. Сконструйована sgRNA спрямовує Cas-9 і розпізнає цільову послідовність у гені. Білок Cas-9 залишається неактивним за відсутності sgRNA. Після активації Cas-9 робить дволанцюгові розриви на ділянці 3 пари основ вище за PAM. PAM — це коротка (довжина 2–5 пар основ) консервативна послідовність ДНК нижче за течією до місця розрізу, і її розмір змінюється залежно від виду бактерії. Найчастіше використовуваний варіант Cas-9 з *Streptococcus pyogenes* розпізнає PAM у вигляді 5'-NGG-3', де N – будь-яка азотовмісна основа. Потім білок Cas-9 активується для розщеплення ДНК. Нарешті відбувається репарація шляхом з'єднання фрагментів ДНК [2].

Після відкриття CRISPR/Cas9 було ідентифіковано низку інших ефекторних білків, кожен з яких має свої унікальні властивості: CRISPR/Cas12 (раніше Cpf1) та CRISPR/Cas13. CRISPR/Cas12 система створює одноланцюгові розриви і не потребує додаткових білків для активації, на відміну від Cas9. Cas12 має ширший спектр PAM-послідовностей, що розширює можливості її використання у геномному

редагуванні. CRISPR/Cas13 система на відміну від Cas9 і Cas12, Cas13 націлена не на ДНК, а на РНК. Це робить її надзвичайно перспективною для терапій, які потребують тимчасової дії або для лікування РНК-вірусної інфекції (наприклад, SARS-CoV-2). Cas13 також використовується в молекулярній діагностиці (наприклад, системи SHERLOCK і DETECTR).

CRISPR-Cas9 технологія має широкий спектр клінічного застосування. Її використання дозволяє лікувати генетичні захворювання. Одним із перших клінічних випробувань стало лікування серповидно-клітинної анемії та β -таласемії за допомогою редагування гена *BCL11A* у гемопоетичних стовбурових клітинах. Результати показали значне покращення стану пацієнтів.

Особливу увагу сьогодні привертає потенціал CRISPR у галузі онкотерапії. Завдяки здатності точно редагувати гени, ця технологія використовується для модифікації імунних клітин, зокрема Т-лімфоцитів, з метою підвищення їхньої ефективності у розпізнаванні та знищенні пухлинних клітин. Такий підхід вже продемонстрував обнадійливі результати у лікуванні рефрактерних форм лейкемії, лімфоми та інших онкологічних захворювань [3].

Одним із яскравих прикладів використання CRISPR системи у клінічній медицині є дослідження в галузі офтальмології, зокрема лікування рідкісного генетичного захворювання, амаврозу Лебера. Це спадкове захворювання сітківки, яке призводить до серйозних порушень зору і часто завершується сліпотою. В основі амаврозу Лебера лежать мутації в декількох генах, що відповідальні за нормальне функціонування сітківки. У 2020 році компанія Editas Medicine розпочала перше *in vivo* клінічне випробування використання технології CRISPR для редагування гена *CEP290*, який є причиною амаврозу Лебера у 20-25% пацієнтів. Процес редагування геному відбувався за допомогою ін'єкцій CRISPR/Cas9 в клітини сітківки, що дозволило коригувати дефектний ген на місці, підвищуючи функціональність сітківки і, як результат, стабілізуючи зір у пацієнтів [4].

Стрімкий розвиток технології CRISPR викликає низку етичних і правових дискусій щодо необхідності встановлення правил для використання CRISPR-Cas9. Гучним прикладом стало "CRISPR-немовлятко" в Китаї (2018), що спричинило міжнародний скандал і посилення регуляцій. У відповідь на можливі ризики багато країн запроваджують обмеження або повні заборони на модифікацію клітин зародкової лінії з метою запобігання зловживанням. Значні витрати на терапії, пов'язані з редагуванням геному, можуть поглибити соціальну нерівність у доступі до медичної допомоги. Окрім етичних та соціальних аспектів, використання CRISPR у медичних і біотехнологічних

застосуваннях ставить ще одне важливе питання – непередбачувані наслідки. Найбільшу занепокоєність викликає можливість off-target мутацій — зміни в інших, нецільових ділянках геному, що можуть мати небажані наслідки для здоров'я пацієнтів. Ці фактори підкреслюють важливість проведення ретельних досліджень та суворого контролю за використанням CRISPR, щоб забезпечити безпеку та ефективність технології. Технології редагування геному мають неймовірний потенціал, але для їх широкого застосування необхідно враховувати можливі ризики та наслідки.

Висновок

Редагування генів за допомогою CRISPR/Cas-9 відкриває нову еру в молекулярній біології, забезпечуючи численні можливості — від основних молекулярних досліджень до клінічних застосувань. Проте її використання супроводжується ризиками, такими як непередбачувані наслідки редагування геному та нерівний доступ до технологій. Для забезпечення безпеки та ефективності необхідно проводити детальні дослідження, розробити етичні норми та забезпечити рівний доступ до цих технологій.

Література

1. Redman M., King A., Watson C., King D. What is CRISPR/Cas9? *Arch Dis Child Educ Pract Ed.* 2016, Vol. 101(4), 213-5. DOI: [10.1136/archdischild-2016-310459](https://doi.org/10.1136/archdischild-2016-310459)
2. Shao M, Xu T, Chen C. The big bang of genome editing technology: development and application of the CRISPR/CAS9 system in disease animal models. *Sci Press Zool Res.* 2016,37(2), 191–204. DOI: [10.13918/j.issn.2095-8137.2016.4.191](https://doi.org/10.13918/j.issn.2095-8137.2016.4.191)
3. Arif NM Ansori, Yulanda Antonius, Raden JK Susilo, et al. Application of CRISPR-Cas9 genome editing technology in various fields: A review. *Narra J.* 2023, 3(2), 184. DOI:
4. Meryem Alagoz, Nasim Kherad. Advance genome editing technologies in the treatment of human diseases: CRISPR therapy (Review). *Int J Mol Med.* 2020, 46(2), 521–534. DOI: [10.3892/ijmm.2020.4609](https://doi.org/10.3892/ijmm.2020.4609)

Наукове видання

ХІ МІЖНАРОДНА ЗАОЧНА
НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ

АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ БІОЛОГІЧНОЇ НАУКИ
(ДО 220-Ї РІЧНИЦІ З ДНЯ ЗАСНУВАННЯ НІЖИНСЬКОЇ ВИЩОЇ ШКОЛИ)

Збірник статей

17 квітня 2025 року

Технічний редактор – І. П. Борис

Матеріали надруковані в авторській редакції

Підписано до друку 22.04.25 р.	Формат 60x84/16	Папір офсетний
Гарнітура Arial	Обл.-вид. арк. 16,5	Ел. вид-ня
Замовлення № 573	Ум. друк. арк. 15,3	



Ніжинський державний університет
імені Миколи Гоголя.

м. Ніжин, вул. Воздвиженська, 3^а
(04631) 7-19-72

E-mail: vidavn_ndu@ukr.net
www.ndu.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 2137 від 29.03.05 р.