

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Львівський національний університет імені Івана Франка  
Біологічний факультет  
Кафедра генетики та біотехнології

Затверджено  
на засіданні кафедри генетики та біотехнології  
біологічного факультету  
Львівського національного  
Університету імені Івана Франка  
(протокол № 19 від 29 серпня 2024 р.)

Завідувач кафедри.



Віктор ФЕДОРЕНКО

Силабус з нормативної дисципліни «Геноміка»,  
що викладається в межах ОПП «Генетика» другого (магістерського) рівня вищої  
освіти для здобувачів за спеціальністю 091 «Біологія та біохімія»

<b>Назва курсу</b>	Геноміка
<b>Адреса викладання курсу</b>	вул. Грушевського 4, 79005 Львів
<b>Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна</b>	біологічний факультет, кафедра генетики та біотехнології
<b>Галузь знань, шифр та назва спеціальності</b>	09 «Біологія», спеціальність 091 «Біологія та біохімія»
<b>Викладачі курсу</b>	Ющук Олександр Сергійович, д-р. біол. наук, проф. кафедри генетики та біотехнології (лекції та семінарські заняття)
<b>Контактна інформація викладача</b>	<a href="mailto:oleksandr.yushchuk@lnu.edu.ua">oleksandr.yushchuk@lnu.edu.ua</a> +380964597844
<b>Консультації по курсу відбуваються</b>	вул. Грушевського 4, 79005 Львів Консультації в день проведення лекцій чи практичних занять (за попередньою домовленістю, на вул. Грушевського 4, ауд. 109). Також можливі консультації у форматі питання-відповідь, для цього слід писати на електронну пошту викладача; відповідь слід очікувати не пізніше ніж за 120 год від написання листа.
<b>Сторінка курсу</b>	
<b>Інформація про курс</b>	Курс передбачає формування знань про завдання та інструменти геноміки, мету і сфери застосування цих інструментів, структуру, функції і еволюцію геномів еубактерій, архей, еукаріотів і вірусів.
<b>Коротка анотація курсу</b>	Дисципліна «Геноміка» є нормативною дисципліною за спеціальністю 091 «Біологія та біохімія» для ОПП «Генетика» другого (магістерського) рівня вищої освіти, яка викладається у 1 семестрі в обсязі 4 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою).
<b>Мета та цілі курсу</b>	Метою вивчення нормативної дисципліни «Геноміка» є формування теоретичних знань про інструменти і завдання геноміки, структуру, функції і еволюцію геномів клітинних і неклітинних організмів; основними цілями нормативної дисципліни «Геноміка» є 1) сформулювати уявлення про основні інструменти сучасної геноміки, зокрема методи секвенування нуклеїнових кислот і подальшого аналізу отриманих послідовностей; 2) дати знання про функціональну і структурну геноміку еукаріотів, еубактерій, архей і вірусів; 3) ознайомити із концепціями епігеноміки еукаріотичних організмів

	(зокрема людини); 4) створити розуміння важливості метагеноміки для вивчення структури і динаміки мікробоценозів; 5) розібрати конкретні кейси застосування засад і інструментів геноміки для розуміння актуальних проблем сучасної біології.
<p><b>Література для вивчення дисципліни</b></p>	<p><b>Основна література:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cullis C. A. Plant Genomics and Proteomics. Wiley &amp; Sons, Incorporated. Hoboken, 2004.</li> <li>2. García-Sancho M., Lowe J. A History of Genomics across Species, Communities and Projects. Cham : Springer International Publishing, 2023.</li> <li>3. Yeast functional genomics / ed. by F. Devaux. New York, NY : Springer US, 2022.</li> <li>4. Plant comparative genomics / ed. by A. Pereira-Santana, S. D. Gamboa-Tuz, L. C. Rodríguez-Zapata. New York, NY : Springer US, 2022.</li> <li>5. Microbial environmental genomics (MEG) / ed. by F. Martin, S. Uroz. New York, NY : Springer US, 2023.</li> <li>6. Catalano C. E. Viral genome packaging machines: genetics, structure, and mechanism. Boston, MA : Springer US, 2005.</li> <li>7. RNA metabolism and gene expression in archaea / ed. by B. Clouet-d'Orval. Cham : Springer International Publishing, 2017.</li> <li>8. Genomics of rare diseases / ed. by C. Gonzaga-Jauregui, J. R. Lupski. London : Academic press, Elsevier, 2021.</li> <li>9. Borrelli J. A., Giannini Y. D. Advances in Viral Genomes Research. New York : Nova Science Publishers, Incorporated, 2013.</li> <li>10. Pevsner J. Bioinformatics and Functional Genomics (third edition). Singapore : Willey Blackwell, 2015.</li> <li>11. Scornavacca C., Delsuc F., Galtier N. Phylogenetics in the Genomic Era. No commercial publisher : Authors open access book, 2020.</li> <li>12. Guijarro C. Unravelling the Origins and Evolution of the Animal Kingdom using Genomics (A thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy). Essex : University of Essex, 2020.</li> <li>13. Primrose S. B. Principles of gene manipulation and genomics. 7th ed. Malden, MA : Blackwell Pub., 2006.</li> <li>14. Strachan T., Goodship J., Chinnery P. Genetics and Genomics in Medicine. New York and London: Garland Science, 2014.</li> </ol>

15. Brown T. Genomes 3. 3rd ed. New York and London: Garland Science, 2006.
16. Oncology: Genomics, Precision Medicine and Therapeutic Targets / ed. by H. S. Tuli, M. B. Yerer Aycan. Singapore : Springer Nature Singapore, 2023.
17. Statistical Methods in Molecular Biology / ed. by H. Bang et al. Totowa, NJ : Humana Press, 2010. URL: <https://doi.org/10.1007/978-1-60761-580-4>.
18. Cristianini N., Hahn M. W. Introduction to Computational Genomics: A Case Studies Approach. Cambridge : Cambridge University Press, 2006.
19. Chen J.-T. CRISPR and Plant Functional Genomics. Boca Raton : CRC Press, 2024.
20. Setubal J. C., Stoye J., Stadler P. F., eds. Comparative Genomics : Methods and Protocols. Humana Press : Springer, 2018.
21. Chaitanya K. V. Genome and Genomics: From Archaea to Eukaryotes. Springer, 2019.
22. Katz L. A., Debashish B. (eds) Genomics and Evolution of Microbial Eukaryotes Oxford : Oxford University Press, 2006.
23. Lostroh, P. Molecular and Cellular Biology of Viruses (2nd ed.). NW : CRC Press, 2019.
24. Winther R. G. Our Genes: A Philosophical Perspective on Human Evolutionary Genomics. Cambridge : Cambridge University Press, 2021.
25. Garrett, Roger A, and Hans-Peter Klenk. Archaea Evolution, Physiology, and Molecular Biology. Malden, Mass.: Blackwell, 2007.
26. Mondal S., Singh R. L., eds. Advances in Animal Genomics. London : Academic Press Elsevier, 2021.
27. Dougherty, Thomas J., and Steve Projan. Microbial Genomics and Drug Discovery. New York : Marcel Dekker, 2003.
28. Zhou, Jizhong. Microbial Functional Genomics. Hoboken, N.J.: Wiley-Liss, 2004.
- Допоміжна:**
29. Lee K.-H., Kim J., Kim J. H. 3D epigenomics and 3D epigenopathies. BMB Reports. 2024. URL: <https://doi.org/10.5483/bmbrep.2023-0249>.
30. Fadul S. M., Arshad A., Mehmood R. CRISPR-based epigenome editing: mechanisms and applications.

	<p>Epigenomics. 2023. URL: <a href="https://doi.org/10.2217/epi-2023-0281">https://doi.org/10.2217/epi-2023-0281</a>.</p> <p>31. Friedman N., Rando O. J. Epigenomics and the structure of the living genome. Genome Research. 2015. Vol. 25, no. 10. P. 1482–1490. URL: <a href="https://doi.org/10.1101/gr.190165.115">https://doi.org/10.1101/gr.190165.115</a>.</p> <p>32. Wang K.C., Chang H.Y. Epigenomics: Technologies and Applications. Cardiovascular Omics Compendium. 2018. URL: <a href="http://ahajournals.org">http://ahajournals.org</a>.</p> <p>33. Meyer M., Kircher M., Gansauge M.T., et al. A high-coverage genome sequence from an archaic Denisovan individual. Science. 2012. 338(6104). P. 222-226. doi:10.1126/science.1224344.</p> <p>34. Prüfer K, Racimo F, Patterson N, et al. The complete genome sequence of a Neanderthal from the Altai Mountains. Nature. 2014. 505(7481). P. 43-49. doi:10.1038/nature12886</p> <p><b>Інформаційні веб-сторінки і бази даних:</b></p>
<b>Тривалість курсу</b>	Один семестр
<b>Обсяг курсу</b>	120 год, з яких 32 год лекцій, 16 год практ. занять і 72 год самостійної роботи
<b>Очікувані результати навчання</b>	<p>Після курсу магістр буде:</p> <p><b>знати:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- принципи функціонування і застосування основних інструментів геноміки, таких як секвенування і аналіз отриманих нуклеотидних послідовностей;</li> <li>- особливості організації, структури і функції геномів еубактерій, архей, еукаріотів і вірусів;</li> <li>- природу і роль епігенетичних модифікацій геному еукаріотів (зокрема людини) для функціонування геному;</li> <li>- засади вивчення, характеристики, та галузі застосування метагеномних даних;</li> <li>- конкретні приклади застосування методів і засад геноміки для вирішення деяких актуальних проблем сучасної біології;</li> </ul> <p><b>вміти:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- використовувати теоретичні знання і вміння для інтерпретації і аналізу пов'язаних із геномікою даних літератури і даних геномного аналізу, розробляти концепції застосування інструментів геноміки для вирішення конкретних завдань із урахуванням специфіки об'єктів дослідження.</li> </ul>

<b>Ключові слова</b>	Геноміка, епігеноміка, метагеноміка, функціональна геноміка, структурна геноміка, секвенування нуклеїнових кислот
<b>Формат курсу</b>	Очний
	проведення лекцій, практичних занять і консультацій для кращого розуміння тем
<b>Теми</b>	Наведено в табл. 1
<b>Підсумковий контроль, форма</b>	Іспит в кінці семестру
<b>Пререквізити</b>	Для вивчення курсу здобувачі потребують: базових загальнобіологічних знань; знань із загальної генетики, генетики бактерій і еукаріотів; навичок роботи із персональним комп'ютером; знання англійської мови хоча би на рівні B1-B2.
<b>Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу</b>	Лекції, презентація (ілюстрація, демонстрація), розповіді, пояснення, розв'язування ситуаційних задач, проектно-орієнтоване навчання, дискусія. Методи контролю: письмовий, усний.
<b>Необхідне обладнання</b>	персональний комп'ютер, доступ до інтернету, набори загальноповсякденних комп'ютерних програм і операційних систем, а також спеціалізовані веб-сторінки і програмне забезпечення, мультимедійний проектор.
<b>Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)</b>	Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням: 1. Поточний контроль (за результатами виконання завдань на практичних заняттях і протягом семестру): 50% семестрової оцінки; максимальна кількість балів – 50. Сюди входить: 1.1. Експрес-опитування на практичних заняттях. За успішне проходження такого експрес-опитування здобувач освіти може отримати 3 бали. Максимальна кількість балів за експрес опитування – 3 бали x 8 практичних занять = 24 бали. 1.2. Написання наукового есе. Здобувачам буде запропоновано на вибір ряд тем, за якими необхідно буде приготувати наукове есе (здобувач може запропонувати власну тему за тематикою навчальної дисципліни). Есе повинне відповідати таким критеріям: - електронний файл в форматі *.pdf, об'ємом принаймні 5000 слів (ілюстрації дозволено, легенди до ілюстрацій)

враховуються до кількості слів, список використаної літератури не враховується до кількості слів).

- вимагається така структура есе: вступ (прибл. 1000 слів), основний зміст (3000 слів), висновки і прогнози здобувача (1000 слів).

- есе подається здобувачем на електронну пошту викладача (а також в роздрукованому вигляді особисто) не пізніше ніж на 12 лекції курсу.

Якщо есе надане вчасно і відповідає критеріям оформлення, воно буде оцінене. У випадку невчасної подачі чи недосконалого оформлення – есе не буде враховуватися до оцінки і здобувач отримає 0 балів. Максимальний бал, який можна отримати за есе, становить 13 балів, з яких:

- 2 бали за обсяг проаналізованої літератури;

- 3 бали за ґрунтовність вступу, в якому варто розкрити важливість проблеми і інтегрувати її в загальнобіологічну концепцію світобудови;

- 4 бали за повноту розкриття тематики в основному змісті;

- 4 бали за пропрацьованість підсумку і прогнозів, викладених в розділі висновків.

Подаючи есе, здобувач зобов'язується, що його робота не включає застосування генеративного ШІ чи плагіату. Всі роботи перевірятимуться на присутність плагіату і генеративного ШІ; у разі виявлення того чи іншого, здобувач отримуватиме 0 балів.

1.3. Підготовка наукової доповіді. Здобувачам буде запропоновано на вибір ряд тем, за якими необхідно буде приготувати наукову доповідь (здобувач може запропонувати власну тему за тематикою навчальної дисципліни). Наукова доповідь повинна бути розрахованою на 20 хв, а також доповнюватись мультимедійною презентацією. Максимальний бал, який можна отримати за наукову доповідь, становить 13 балів, з яких:

- 5 балів за структуру і оформлення мультимедійної презентації;

- 5 балів за якість доповіді і риторики доповідача;

- 3 бали за участь в науковій дискусії.

2. Іспит: 50% семестрової оцінки; максимальна кількість балів – 50. Іспит здобувач отримує на підставі усного опитування за питаннями екзаменаційного білету (3

	розгорнуті питання – 40 балів, 5 додаткових (уточнюючих питань) – 10 балів).
<b>Питання до іспиту</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Охарактеризуйте історію становлення геноміки.</li> <li>2. Опишіть основні під-дисципліни геноміки і дайте характеристику сферам застосування цієї науки.</li> <li>3. Опишіть основні принципи виділення ДНК із різних біологічних об'єктів. Наведіть приклад довільного протоколу виділення геномної ДНК.</li> <li>4. Дайте визначення концепту структурної геноміки і опишіть пайплайн отримання геномної інформації.</li> <li>5. Опишіть принцип роботи секвенування за Сенгером.</li> <li>6. Опишіть принцип роботи секвенування SOLiD.</li> <li>7. Опишіть принцип роботи секвенування SMRT.</li> <li>8. Опишіть принцип роботи секвенування Ion Torrent.</li> <li>9. Опишіть принцип роботи секвенування 454.</li> <li>10. Опишіть принцип роботи секвенування Illumina.</li> <li>11. Опишіть принцип роботи секвенування PacBio.</li> <li>12. Опишіть принцип роботи секвенування Nanopore.</li> <li>13. Охарактеризуйте процеси збирання і анотації геномів.</li> <li>14. Дайте визначення концептам функціональної геноміки і транскриптоміки.</li> <li>15. Опишіть принцип вивчення експресії генів за допомогою ДНК-мікрочіпів.</li> <li>16. Опишіть принцип вивчення експресії генів за допомогою RNA-seq.</li> <li>17. Дайте характеристику особливостям транскриптного аналізу на рівні окремих клітин.</li> <li>18. Дайте визначення концептам епігенетики і епігеноміки.</li> <li>19. Порівняйте особливості організації епігеномів еубактерій, рослин і тварин.</li> <li>20. Охарактеризуйте основні методи вивчення епігеному.</li> <li>21. Дайте визначення концепту метагеному.</li> <li>22. Охарактеризуйте методи вивчення і аналізу метагеномів.</li> <li>23. Охарактеризуйте підходи до інтерпретації метагеномних даних.</li> <li>24. Опишіть вплив метагеномних даних на таксономію прокариотів.</li> <li>25. Дайте характеристику галузям народного господарства, в яких застосовуються дані метагеномного аналізу.</li> </ol>

	<p>26. Охарактеризуйте загальні особливості організації геномів вірусів.</p> <p>27. Унікальність структурної і функціональної геноміки гігантських вірусів.</p> <p>28. Вплив даних структурної геноміки на сучасну систему класифікації вірусів.</p> <p>29. Охарактеризуйте особливості організації і топології геномів еубактерій.</p> <p>30. Опишіть основні механізми реплікації геномів еубактерій.</p> <p>31. Охарактеризуйте ключові компоненти систем експресії генів еубактерій.</p> <p>32. Опишіть особливості організації геномів актибактерій, бацил і міксобактерій.</p> <p>33. Дайте визначення поняттю кластер генів біосинтезу вторинних метаболітів і вторинному метаболіту, охарактеризуйте організацію і особливості експресії таких кластерів генів.</p> <p>34. Опишіть особливості організації і топології геномів архей.</p> <p>35. Опишіть основні механізми реплікації геномів архей.</p> <p>31. Охарактеризуйте ключові компоненти систем експресії генів архей.</p> <p>32. Дайте загальну характеристику організації геномів різних груп еукаріотів.</p> <p>33. Опишіть сучасні уявлення про особливості геному LUCA.</p> <p>34. Зробіть короткий екскурс в природну історію еволюції геномів трьох доменів життя.</p> <p>35. Опишіть сучасні уявлення про процес еукаріотизації геному архей.</p> <p>36. Охарактеризуйте основні етапи ранньої еволюції геному еукаріотів.</p> <p>37. Охарактеризуйте Пластичність геномів рослин і їх еволюції в процесі одомашнення і класичної селекції.</p> <p>38. Опишіть історію проекту секвенування геному людини.</p> <p>39. Особливості організації геному людини.</p> <p>40. Дайте визначення концепту медгеноміки в контексті персоналізованої медицини.</p> <p>41. Наведіть приклад успішного застосування генної терапії для лікування моногенних генетичних розладів.</p>
--	--

	42. Дайте визначення концепту палеогеноміки.
<b>Опитування</b>	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано після завершенню курсу

Таблиця 1

## Схема курсу «Геноміка»

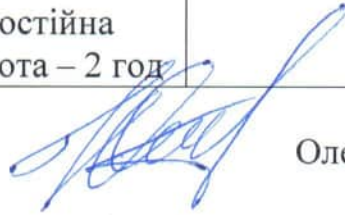
Тиждень, №	Тема занять (перелік питань)	Форма діяльності та обсяг годин	Додаткова література / ресурс для виконання завдань	Термін виконання
1	Зародження, розвиток і сучасна структура геноміки; загальні терміни і концепти геноміки; універсальність і значення геноміки в світлі сучасних еволюційних уявлень	Лекції – 2 год, самостійна робота – 2 год.	[2,10,13,18]	1 тиждень
2	Огляд методів виділення ДНК і РНК із різних біологічних об'єктів; оцінка якості ДНК; вимоги до якості ДНК для секвенування	Практичні заняття – 2 год, самостійна робота – 2 год	[10,13]	1 тиждень
2	Концепт і методи структурної геноміки; загальний пайплайн отримання геномної інформації; секвенування за Сенгером; історичні методи секвенування, їх важливість, переваги і недоліки	Лекції – 2 год, практичні заняття – 1 год, самостійна робота – 8 год	[10,13,18]	1 тиждень
3	Зміст поняття «методи секвенування наступного покоління»; Illumina; PacBio; Nanopore; комбінування методів секвенування наступного покоління з метою отримання геномних даних максимальної якості	Лекції – 2 год, практичні заняття – 1 год, самостійна робота – 8 год	[10,13,18]	1 тиждень
4	Підходи до збирання і анотації геномів; відмінності в особливостях збирання і анотації геномів різних	Лекції – 2 год,	[10,13,18, 20]	1 тиждень

	груп організмів; робота із базами даних геномної інформації	практичні заняття – 2 год, самостійна робота – 8 год		
5	Методи функціональної геноміки; транскриптоміка: ДНК-мікрочіпи і RNA-seq для кількісного і якісного вивчення експресії генів; транскриптоміка окремих клітин.	Лекції – 2 год, практичні заняття – 1 год, самостійна робота – 8 год	[10,13,17, 18]	1 тиждень
6	Еволюція епігенетики до епігеноміки; загальний огляд особливостей епігеному еубактерій, рослин і тварин; методи вивчення епігеному	Лекції – 2 год, самостійна робота – 4 год	[29,30,31, 32]	1 тиждень
7	Концепція метагеному; методи вивчення і аналізу метагеномів; інтерпретація метагеномних даних; MAG; вплив метагеноміки на таксономію прокаріотів; застосування даних метагеноміки	Лекції – 2 год, самостійна робота – 4 год	[5, 11]	1 тиждень
8	Структурна і функціональна геноміка вірусів; особливості організації геномів вірусів; унікальні властивості геномів гігантських вірусів; класифікація вірусів відповідно до даних геноміки	Лекції – 2 год, практичні заняття – 1 год, самостійна робота – 8 год	[6,23]	1 тиждень
9	Структурна і функціональна геноміка еубактерій; організація і топологія геномів еубактерій; реплікація геномів еубактерій; парадигма експресії генів еубактерій	Лекції – 2 год, практичні заняття – 1 год, самостійна робота – 6 год	[15,21,28]	1 тиждень
10	Геноміка бактерій-продуцентів антибіотиків; особливості	Лекції – 2 год, самостійна робота – 2 год	[27]	1 тиждень

	організації геномів актинобактерій, бацил і міксобактерій; кластери генів біосинтезу вторинних метаболітів; вторинний метаболитом як функціональний прояв геному бактерій-продуцентів			
11	Структурна і функціональна геноміка архей; організація і топологія геномів архей; реплікація геномів архей; парадигма експресії генів архей; «еукаріотні» особливості геномів архей	Лекції – 2 год, практичні заняття – 1 год, самостійна робота – 2 год	[7,15,21]	1 тиждень
12	Огляд організації і функції геномів різних груп еукаріотів	Лекції – 2 год, практичні заняття – 1 год, самостійна робота – 2 год	[3,4,15,21]	1 тиждень
13	Геном LUCA; основні етапи еволюції геномів трьох доменів життя; еукаріотизація архей; еволюція геномів еукаріотів	Лекції – 2 год, практичні заняття – 1 год, самостійна робота – 2 год	[12,22]	1 тиждень
14	Пластичність геномів рослин і їх еволюція в процесі одомашнення і класичної селекції	Лекції – 2 год, практичні заняття – 1 год, самостійна робота – 2 год	[1,4,19,21]	1 тиждень
15	Проект секвенування геному людини; геноміка людини і медгеноміка; генна терапія моногенних генетичних розладів; вплив геноміки на становлення персоналізованої медицини	Лекції – 2 год, практичні заняття – 1 год, самостійна робота – 2 год	[8,14,15,16,24]	1 тиждень
16	Палеогеноміка тварин; геноміка антропогенезу; геноміка українця	Лекції – 2 год, практичні	[24,33,34]	1 тиждень

		заняття – 1 год, самостійна робота – 2 год		
--	--	---	--	--

Автор



Олександр ЮЩУК

Погоджено на засіданні  
методичної ради біологічного  
факультету, протокол №3 від 29  
серпня 2024 року



Голова методичної ради  
біологічного факультету

Віталій ГОНЧАРЕНКО

" 29 " 08 2024 р.



Гарант ОПІ «Генетика»

Наталія ГОЛУБ  
" 29 " 08 2024 р.