


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 № 1 від «28» серпня 2020 р.)

Завідувач кафедри



проф. Федоренко В.О

**Силабус з навчальної дисципліни**  
**«Проблеми сучасної біології»,**  
що викладається в межах ОНП Біологія  
третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти для здобувачів  
зі спеціальності 091 Біологія

Львів

Назва курсу	Проблеми сучасної біології
Адреса викладання курсу	вул. Грушевського 4, 79005 Львів
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	біологічний факультет, кафедра генетики і біотехнології
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	09 Біологія, 091 Біологія
Викладачі курсу	Завідувач кафедри генетики і біотехнології, доктор біологічних наук, професор Федоренко Віктор Олександрович
Контактна інформація викладачів	viktor.fedorenko@lnu.edu.ua <a href="http://bioweb.lnu.edu.ua/employees/fedorenko-v-o">http://bioweb.lnu.edu.ua/employees/fedorenko-v-o</a>
Консультації по курсу відбуваються	Консультації в день проведення лекцій (ауд. 109), або on-line на платформах Microsoft Teams і Zoom (час проведення консультацій на цих платформах узгоджується окремо)
Сторінка курсу	<a href="https://bioweb.lnu.edu.ua/academics/postgraduates">https://bioweb.lnu.edu.ua/academics/postgraduates</a>
Інформація про курс	Курс розроблено так, щоб аспіранти набули фахові знання, які ґрунтуються на розумінні генетичних основ і методів синтетичної біології, теоретичного і практичного значення цього актуального і перспективного напрямку біології для вирішення проблем, які стоять біологією, біотехнологією, медициною і сільським господарством. Курс включає теоретичний матеріал у вигляді лекцій і виконання самостійної роботи.
Коротка анотація курсу	Дисципліна «Проблеми сучасної біології» для підготовки доктора філософії з природничих наук за спеціальністю 091 Біологія в 5 семестрі в обсязі 3 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS). Програма навчальної дисципліни включає висвітлення таких питань: основні напрямки синтетичної біології, принципи дизайну синтетичних геномів, підходи до реконструкції природних геномів і редукції їх надлишковості, методи синтезу олігонуклеотидів, збирання синтетичних генів і геномів, трансплантація синтетичних геномів, природна експансія генетичного коду, підходи до штучного репрограмування генетичного коду, конструювання і використання ортогональних систем синтезу білку, застосування методів синтетичної біології у конструюванні і оптимізації метаболічних шляхів, практичне використання методів синтетичної біології для створення біотехнологічних продуцентів.
Мета та цілі курсу	<b>Метою навчальної дисципліни «Проблеми сучасної біології» є ознайомлення аспірантів з генетичними основами, принципами і методами синтетичної біології і формування навичок використання її підходів і методів у технологіях конструювання біотехнологічних продуцентів.</b>
Література для вивчення дисципліни	<b>Основна література:</b> <b>Базова:</b> 1. Божков А.И. Биотехнология. Фундаментальные и промышленные аспекты. – Харків: Федорко, 2008. – 364 с. 2. Сиволоб А.В. Молекулярна біологія – К: Видавничо-

- поліграфічний центр «Київський університет», 2008. – 384 с.
3. Тошкый В.М. Генетика. – Одеса: Астропринт, 2008. – 712 с.
  4. Остап Б., Ющук О., Остап І., Рабик М., Федоренко В. Біологія антибіотиків-інгібіторів синтезу клітинної стінки бактерій. Львів – 2018. – 235 с.
  5. Федоренко В.О., Остап Б.О., Гончар М.В., Ребець Ю.В. Великий практикум з генетики, генетичної інженерії та аналітичної біотехнології мікроорганізмів. – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2007. – 279 с.
  6. Федоренко В.О., Черник Я.І., Максимів Д.В., Боднар Л.С. Задачі і вправи з генетики – Львів: Видавн. Центр ЛНУ імені Івана Франка, 2008. – 579 с.
  7. Artificial DNA / Ed. Khudyakov Y.E., Fields H.A. Boca Raton: CRC Press, 2003. – 435 p.
  8. Chin J.W. Expanding and reprogramming the genetic code of cells and animals // *Annu. Rev. Biochem.* - 2014. – Vol. 83. – P. 379–408. doi: 10.1146/annurev-biochem-060713-035737
  9. De la Torre D., Chin J.W. Reprogramming the genetic code // *Nature Reviews Genetics* – 2021. – Vol. 22. – P.169–184. <https://doi.org/10.1038/s41576-020-00307-7>
  10. Genome Engineering via CRISPR-Cas9 System / Ed. Singh V., Dhar P.K. – London: Academic Press, 2020. – 357 p.
  11. Synthetic Biology / Ed. Polizzi K.M., Kontoravdi C. – N.Y.: Humana Press, 2013. – 230 p.
  12. Synthetic Biology. Metabolic Engineering / Ed. Huimin Zhao, An-Ping Zeng. – Springer Int. Publishing AG, 2018 – 326 p.
  13. Zhang W., Mitchell L.A., Bader J.S., Boeke J.D. Synthetic genomes // *Annu. Rev. Biochem.* 2020. 89:77–101. <https://doi.org/10.1146/annurev-biochem-013118-110704>

**Допоміжна:**

**Журнали:**

14. ACS Synthetic Biology – <https://pubs.acs.org/journal/asbed6>
15. Synthetic Biology – <https://academic.oup.com/synbio>
16. Microbial Cell Factories – <https://microbialcellfactories.biomedcentral.com/>
17. Metabolic Engineering – <https://www.journals.elsevier.com/Metabolic-Engineering>
18. Applied Microbiology and Biotechnology – <https://link.springer.com/journal/253>
19. Systems and Synthetic Biology – <https://link.springer.com/journal/11693/volumes-and-issues>
20. Synthetic and Systems Biotechnology – <http://www.keaipublishing.com/en/journals/syntheticand->

	systems-biotechnology/
Тривалість курсу	Один семестр
Обсяг курсу	Навчальний курс складатиметься: для денної форми навчання – з 90 год і включає 32 год лекційних занять і 58 год самостійної роботи для заочної форми навчання – з 90 год і включає 12 год лекційних занять і 78 год самостійної роботи.
Очікувані результати навчання	Після завершення цього курсу аспірант буде: <b>знати:</b> генетичні основи синтетичної біології, принципи і методи конструювання синтетичних генів і геномів, репрограмування генетичного коду, підходи до опрацювання і використання ортогональних систем синтезу білків, способи використання методів синтетичної біології у метаболічній інженерії біотехнологічних продуцентів; <b>вміти:</b> аналізувати основні особливості і відмінні будови нативних і синтетичних генів і геномів, визначати методи реконструкції нативних геномів і стратегію конструювання синтетичних генів і геномів, конструювання генетичних мереж, які контролюють метаболічні шляхи, інтерпретувати дані літератури щодо підходів і методів синтетичної біології; підбирати адекватні методи синтетичної біології для роботи з об'єктами своєї дисертаційної роботи і оцінювати ефективність їх використання.
Ключові слова	Синтетична біологія, метаболічна інженерія, синтетичний ген, синтетичний геном, генетичний код, експансія генетичного коду, ортогональна система синтезу білка.
Формат курсу	Очний / заочний.
Теми	Проведення лекцій і консультацій для кращого розуміння тем.
Тематика	Наведено у таблицях 1 (для денної форми навчання) і 2 (для заочної форми навчання).
Підсумковий контроль, форма	Іспит в кінці семестру. Усний.
Пререквізити	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з дисциплін «Генетика», «Біохімія», «Молекулярна біологія», «Біотехнологія», «Біоінформатика», «Молекулярна генетика», «Генетична інженерія», «Геноміка», «Генетична регуляція метаболізму», «Системна біологія», достатніх для сприйняття категоріального апарату.
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	Лекції, презентації з використанням мультимедійного проектора, презентації на платформах Zoom і Microsoft Teams, розв'язок практичних і ситуаційних задач, складання і написання схем генетичних експериментів.
Необхідне обладнання	Персональний комп'ютер, загальноповживані комп'ютерні програми і операційні системи, проектор.
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням: • самостійні роботи тощо: 30% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 30;

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• контрольні заміри: 20% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 20;</li> <li>• іспит: 50% семестрової оцінки, максимальна кількість балів 50.</li> </ul> <p>Підсумкова максимальна кількість балів 100. Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.</p>
<p><b>Питання до екзамену</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Предмет і значення синтетичної біології. Основні типи досліджень у галузі синтетичної біології.</li> <li>2. Порівняння нативних і синтетичних геномів.</li> <li>3. Зміст поняття «дизайн генома». Стратегії дизайну геномів.</li> <li>4. Шляхи реконструювання нативних геномів.</li> <li>5. Редукція надлишковості нативних геномів. Концепція мінімального генома.</li> <li>6. Методи синтезу олігонуклеотидів.</li> <li>7. Методи конструювання синтетичних генів, промоторів, операторів, термінаторів та інших компонентів генома.</li> <li>8. Методи конструювання синтетичних геномів.</li> <li>9. Трансплантація синтетичних геномів.</li> <li>10. Проекти зі створення синтетичних геномів вірусів, бактерій і дріжджів.</li> <li>11. Використання організмів з синтетичними генами і геномами.</li> <li>12. Загальна характеристика апарату синтезу білку як об'єкту синтетичної біології.</li> <li>13. Структурні і функціональні характеристики тРНК.</li> <li>14. Структурні і функціональні характеристики аміноацил-тРНК-синтеаз.</li> <li>15. Розпізнавання аміноацил-тРНК синтезазами споріднених тРНК.</li> <li>16. Контроль правильності процесу приєднання спорідненої амінокислоти до тРНК.</li> <li>17. Структура і властивості генетичного коду.</li> <li>18. Природна «експансія» генетичного коду. Варіанти генетичного коду.</li> <li>19. Особливості кодування і включення у білки амінокислот селеноцистеїну і пірролізину.</li> <li>20. Концепція і основні напрямки репрограмування генетичного коду. Варіанти використання організмів зі змінним генетичним кодом.</li> <li>21. Інженерія ортогональних пар аміноацил-тРНК синтез і тРНК.</li> <li>22. Етапи селекції ортогональних аміноацил-тРНК синтез</li> <li>23. Сумісні взаємно ортогональні пари аміноацил-тРНК синтез/тРНК для включення в білок різних неканонічних амінокислот.</li> <li>24. Інженерія ортогональних фактора елонгації трансляції EF-Tu і рибосом</li> <li>25. Використання квадруплентних кодонів для кодування неканонічних амінокислот.</li> <li>26. Використання штучних нуклеотидів для кодування амінокислот.</li> </ol>

	<p>Nachimotoji-ДНК і РНК.</p> <p>27. Інженерія, скерована на перепризначення амбер-кодона UAG.</p> <p>28. Фактори, які впливають на ефективність контрольованого амбер-кодоном виключення у білки неканонічних амінокислот.</p> <p>29. Концепція варіабельної компресії змістовних кодонів.</p> <p>30. Синтетичний мінімізований геном <i>Caulobacter ethensis</i>.</p> <p>31. Концепція визначеної компресії змістовних кодонів.</p> <p>32. Синтетична хромосома <i>E. coli</i> із замінами змістовних кодонів і амбер-кодонів.</p> <p>33. Принципи дизайну метаболічних шляхів у бактерій.</p> <p>34. Методи таргетного мутагенезу <i>in vivo</i> та <i>in vitro</i> в метаболічній інженерії бактерій.</p> <p>35. Реконбініринг в конструюванні метаболічних шляхів бактерій.</p> <p>36. Мультиплексна геномна інженерія бактерій за допомогою систем CRISPR-Cas.</p> <p>37. Реконструкція кластерів генів біосинтезу метаболітів.</p> <p>38. Підходи до забезпечення точного контролю експресії кластерів генів біосинтезу метаболітів.</p> <p>39. Гетерологічна експресія кластерів генів біосинтезу метаболітів.</p> <p>40. Використання підходів з репрограмування генетичного коду у метаболічній інженерії.</p>
<b>Опитування</b>	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу

Таблиця 1

## Схема курсу «Проблеми сучасної біології». Форма навчання: денна

Тиж-день	Тема занять (перелік питань)	Форма діяльності та обсяг годин	Додаткова література / ресурс для виконання завдань (за потреби)	Термін виконання
1	Основні принципи, напрямки і значення синтетичної біології.	Лекції – 2 год, самостійна робота – 4 год		1 тиждень
2,3	Дизайн синтетичних геномів.	Лекції – 4 год, самостійна робота – 6 год	Boeke J.D., Church G., Hessel A., Kelley N.J., Arkin A., et al. The genome project-write. <i>Science</i> . // 2016. – Vol. doi: 10.1126/science.aaf6850353. – P. 126–127.	2 тижня
4,5	Методи хімічного синтезу олігонуклеотидів.	Лекції – 4 год, самостійна робота – 4 год	Gibson D.G., Glass J.L., Lartigue C., Noskov V.N., Chuang R.-Y. et al. Creation of a bacterial cell controlled by a	2 тижня

			chemically synthesized genome // <i>Science</i> . – 2010. – Vol. 329. – P. 52–56, doi: 10.1126/science.1190719	
6	Конструювання і використання синтетичних генів.	Лекції – 2 год, самостійна робота – 6 год		1 тиждень
7	Конструювання і використання синтетичних геномів.	Лекції – 2 год, самостійна робота – 6 год		1 тиждень
8	Структура і властивості генетичного коду.	Лекції – 2 год, самостійна робота – 4 год	Koonin E.V., Novozhilov A.S. Origin and evolution of the universal genetic code // <i>Annu. Rev. Genet.</i> – 2017. – Vol.51. – P. 45–62.	1 тиждень
9	Концепція і основні напрямки репрограмування генетичного коду.	Лекції – 2 год, самостійна робота – 4 год	Annaluru N., Ramalingam S., Chandrasegaran S. Rewriting the blueprint of life by synthetic genomics and genome engineering // <i>Genome Biology</i> . – 2015. 16:125 DOI 10.1186/s13059-015-0689-y	1 тиждень
10	Інженерія ортогональних пар аміноацил-тРНК синтез та тРНК і ортогональних рибосом.	Лекції – 2 год, самостійна робота – 4 год		1 тиждень
11	Використання квадруплетних кодонів та штучних нуклеотидів для кодування амінокислот.	Лекції – 2 год, самостійна робота – 4 год	Hoshika, S. et al. Hachimoji DNA and RNA: a genetic system with eight building blocks // <i>Science</i> . 2019. – Vol.363. – P. 884–887.	1 тиждень
12	Інженерія, скерована на перепризначення нонсенс-кодонів і змістовних кодонів	Лекції – 2 год, самостійна робота – 4 год 2		1 тиждень

13,14	Геномна інженерія бактерій за допомогою систем CRISPR-Cas.	Лекції – 4 год, самостійна робота – 6 год 4		2 тижня
15,16	Використання методів синтетичної біології у конструюванні і оптимізації метаболічних шляхів.	Лекції – 4 год, самостійна робота – 6 год	Smanski M.J., Hui Zhou, Claesen Jan, Shen Ben, Fischbach M. A., Voigt C.A. Synthetic biology to access and expand nature's chemical diversity // Nature Rev. Microbiol. – 2016. – Vol. 14. – P. 135-149. doi:10.1038/nrmicro.2015.24 Qiang Gao, Gao-Yi Tan, Xuelui Xia, Lixin Zhang. Learn from microbial intelligence for avermectins overproduction // Current Opinion in Biotechnol. – 2017. – Vol. 48. – P. 251–257. <a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.copbio.2017.08.016">http://dx.doi.org/10.1016/j.copbio.2017.08.016</a>	2 тижня

Таблиця 2

## Схема курсу «Проблеми сучасної біології». Форма навчання: заочна

Тиждень	Тема занять (перелік питань)	Форма діяльності та обсяг годин	Додаткова література / ресурс для виконання завдань (за потреби)	Термін виконання
1	Основні принципи, напрямки і значення синтетичної біології.	Лекції – 2 год, самостійна робота – 12 год		1 тиждень
2	Дизайн синтетичних геномів.	Лекції – 2 год, самостійна робота – 14 год	Boeke J.D., Church G., Hessel A., Kelley N.J., Arkin A., et al. The genome project-write. Science. // 2016. – Vol. doi: 10.1126/science.aaf6850353. – P. 126–127	1 тиждень
3	Методи хімічного синтезу	Лекції – 2 год, самостійна робота – 14 год	Gibson D.G., Glass J.I., Lartigue C., Noskov	1 тиждень

	олігонуклеотидів. Конструювання і використання синтетичних генів і геномів.	год	V.N., Chuang R.-Y. et al. Creation of a bacterial cell controlled by a chemically synthesized genome // <i>Science</i> . - 2010. - Vol. 329. - P. 52-56. doi: 10.1126/science.1190719	
4	Принципи і методи репрограмування генетичного коду.	Лекції – 2 год, самостійна робота – 12 год	Annaluru N., Ramalingam S., Chandrasegaran S. Rewriting the blueprint of life by synthetic genomics and genome engineering // <i>Genome Biology</i> . - 2015. 16:125 DOI 10.1186/s13059-015-0689-y	I тиждень
5	Ортогональні системи синтезу білка.	Лекції – 2 год, самостійна робота – 14 год		I тиждень
6	Використання методів синтетичної біології у конструюванні і оптимізації метаболічних шляхів.	Лекції – 2 год, самостійна робота – 12 год	Smanski M.J., Hui Zhou, Claesen Jan, Shen Ben, Fischbach M. A., Voigt C.A. Synthetic biology to access and expand nature's chemical diversity // <i>Nature Rev. Microbiol.</i> - 2016. - Vol. 14, - P. 135-149. doi:10.1038/nrmicro.2015.24 Qiang Gao, Gao-Yi Tan, Xuekui Xia, Lixin Zhang. Learn from microbial intelligence for avermectins overproduction // <i>Current Opinion in Biotechnol.</i> - 2017. - Vol. 48. - P. 251-257. <a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.copbio.2017.08.016">http://dx.doi.org/10.1016/j.copbio.2017.08.016</a>	I тиждень

Автор




Віктор Федоренко

"Погоджено"

Голова методичної ради  
біологічного факультету

  
Віталій Гончаренко  
" 25 " 05 2020 р.

Гарант ОНП

  
Андрій Бабський  
" 25 " 05 2020 р.