

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Львівський національний університет імені Івана Франка  
Біологічний факультет  
Кафедра біохімії

**ЗАТВЕРДЖЕНО**

на засіданні кафедри біохімії  
біологічного факультету  
Львівського національного  
університету імені Івана Франка  
(протокол № 4/3 від «18» лютого 2025 р.)

Завідувач кафедри  проф. Наталія СИБІРНА

Силабус навчальної дисципліни  
**«Системна біологія та каскад омік»**,  
що викладається в межах ОПП Біотехнології та біоінженерія  
другого (магістерського) рівня вищої освіти для здобувачів  
спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія»

|  |   |
|--|---|
| <b>Назва курсу</b>   | Системна біологія та каскад омік  |
| <b>Адреса викладання курсу</b>                             | вул. Грушевського 4, 79005 Львів  |
| <b>Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна</b> | біологічний факультет, кафедра біохімії   |
| <b>Галузь знань, шифр та назва спеціальності</b>           | Галузь знань: 16 Хімічна та біоінженерія<br>Спеціальність: 162 «Біотехнології та біоінженерія»  |
| <b>Викладачі курсу</b>                                     | Доцент кафедри біохімії, к.б.н., Каниюка Олена Петрівна   |
| <b>Контактна інформація викладачів</b>                     | olena.kaniuka@lnu.edu.ua  |
| <b>Консультації по курсу відбуваються</b>                  | щосереди, 11:00–12:00 год (вул. Грушевського 4, ауд. 314)   |
| <b>Сторінка курсу</b>                                      |   |
| <b>Інформація про курс</b>                                 | Курс розроблено таким чином, щоб розглянути ключові фізичні і синергетичні принципи організації життя; базові принципи організації та функціонування біологічних молекулярно-інформаційних систем; інтеграцію інформації в різних «омах» біологічної системи, таких як геном, транскриптом (мРНК), протеом (білки), мікробіом, епігеном, метаболом; адаптаційні та еволюційні процеси як прояв фундаментальних властивостей динамічних біологічних молекулярно-інформаційних систем та приклади використання системно-біологічного підходу для розв'язання актуальних медичних завдань. Особлива увага в курсі приділяється моделюванню та аналізу складних біологічних взаємодій, що дозволяє глибше зрозуміти складні взаємодії в живих організмах для розробки інноваційних рішень біологічних і медичних проблем. |
| <b>Коротка анотація курсу</b>                              | Дисципліна «Системна біологія та каскад омік» є нормативною дисципліною зі спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія» для освітньої програми магістр, яка викладається в III семестрі в обсязі 4,0 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою).<br>Програма навчальної дисципліни складається з таких змістових модулів:<br>1. Основи системної біології та омік-платформи<br>2. Інтеграція, моделювання у системній біології та клінічні застосування.   |
| <b>Мета та цілі курсу</b>                                  | Метою вивчення нормативної дисципліни «Системна біологія та каскад омік» є формування у студентів цілісного уявлення про біологічні системи як інтегровані багаторівневі структури, розвиток здатності аналізувати та інтерпретувати великі обсяги біомедичних даних за допомогою сучасних омік-технологій і системного підходу, а також формування практичних навичок використання обчислювальних методів у біології та медицині. Для цього у даній дисципліні основна увага ключовим фізич-   |

|  |   |
|--|---|
|  | <p>ним і синергетичним принципам організації життя; базовим принципам організації та функціонування біологічних молекулярно-інформаційних систем; інтеграції інформації в різних «омах» біологічної системи, таких як геном, транскриптом (мРНК), протеом (білки), мікробіом, епігеном, метаболом; адаптаційним та еволюційним процесам як прояву фундаментальних властивостей динамічних біологічних молекулярно-інформаційних систем та прикладам використання системно-біологічного підходу для розв'язання актуальних медичних завдань. Особлива увага в курсі приділяється моделюванню та аналізу складних біологічних взаємодій, що дозволяє глибше зрозуміти складні взаємодії в живих організмах для розробки інноваційних рішень біологічних і медичних проблем.</p>   |
| <p><b>Література для вивчення дисципліни</b></p> | <p>Основна література:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Alon, U. An Introduction to Systems Biology: Design Principles of Biological Circuits / Uri Alon. – Boca Raton: Chapman &amp; Hall/CRC, 2006. – 320 с.</li> <li>2) Kitano, H. Foundations of Systems Biology / Ed. Hiroaki Kitano. – Cambridge: MIT Press, 2001. – 280 с.</li> <li>3) Palsson, B.O. Systems Biology: Constraint-Based Reconstruction and Analysis / Bernhard O. Palsson. – Cambridge : Cambridge University Press, 2015. – 320 с.</li> <li>4) Joyner, M.J., Paneth, N. Biology's Second Law: The Evolution of Systems Biology / Michael J. Joyner, Nigel Paneth. – Amsterdam : Elsevier, 2020. – 200 с.</li> <li>5) Aderem, A., Hood, L. Immunology in the post-genomic era // Nature Immunology. – 2001. – Vol. 2, № 5. – P. 311–313. DOI: 10.1038/87755.</li> <li>6) Speed, T. (ed.) Bioinformatics and Computational Biology Solutions Using R and Bioconductor / ed. Terry Speed. – New York: Springer, 2012. – 500 с.</li> <li>7) Mathé, E., Davis, S. Statistical Genomics: Methods and Protocols / Ed. Emmanuelle Mathé, Simon Davis. – New York : Humana Press, 2015. – 340 с. – (Methods in Molecular Biology; Vol. 1246).</li> <li>8) Книш, Я. І. Омельченко, Т. В. Біоінформатика: сучасні методи аналізу біомедичних даних: навч. посіб. / Я. І. Книш, Т. В. Омельченко. – Київ: НМУ імені О. О. Богомольця, 2019. – 140 с.</li> </ol> <p>Додаткова література:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Naven T., Westermeier R. Proteomics in Practice: A Laboratory Manual of Proteome Analysis. – Weinheim: Wiley-VCH, 2002.</li> <li>2. Twyman R.M. Principles Of Proteomics (Advanced Text Series). – Oxford, UK: BIOS Scientific Publishers, 2004.</li> <li>3. Weckwerth W. Metabolomics Methods and Protocols. – USA.:</li> </ol> |

|                               |  |
|-------------------------------|--|
|                               | Humana Press Inc., 2007. – 307 p.<br>4. Wilkins M.R., Williams K.L., Appel R.D., Hochstrasser D.F. Proteome Research: New Frontiers in Functional Genomics (Principles and Practice). – Berlin: Springer, 1997   |
| Тривалість курсу              | один семестр   |
| Обсяг курсу                   | 120 год, з яких 48 год аудиторних занять, з них 32 год лекцій, 16 год практичних занять, та 72 год самостійної роботи  |
| Очікувані результати навчання | Після завершення цього курсу студент буде:<br><b>Знати:</b><br>основні принципи та поняття системної біології як міждисциплінарної науки;<br>- класифікацію, особливості та завдання різних рівнів оміке-аналізу (геноміка, транскриптоміка, протеоміка, метаболоміка, епігеноміка тощо);<br>- сучасні технології збору оміке-даних (NGS, мас-спектрометрія, мікрочіпи, seRNA-seq тощо);<br>- ключові методи попередньої обробки та нормалізації біологічних даних;<br>- принципи побудови та аналізу біологічних мереж (регуляторних, сигнальних, метаболічних, білкових);<br>- математичні та обчислювальні підходи до моделювання клітинних процесів;<br><b>Вміти:</b><br>- аналізувати та інтерпретувати дані з різних рівнів оміке-аналізу (геноміка, транскриптоміка, протеоміка, метаболоміка);<br>- здійснювати базову обробку та візуалізацію біологічних даних за допомогою сучасних програмних засобів (наприклад, R, Python, Cytoscape);<br>- будувати й аналізувати біологічні мережі (регуляторні, білкові, сигнальні, метаболічні);<br>- інтегрувати дані з різних оміке-рівнів для побудови системного уявлення про функціонування біологічного об'єкта;<br>- застосовувати математичні та обчислювальні методи для моделювання клітинних процесів;<br>- користуватися публічними базами даних (GEO, ENCODE, TCGA, UniProt, KEGG, MetaboLights тощо) |
| Ключові слова                 | Протеоміка, геноміка, синтетична біологія, епігеноміка, секвенування   |
| Формат курсу                  | очний  |
|                               | проведення лекцій, практичних занять та консультацій для кращого розуміння тем   |
| Темн                          | Наведено у табл. 1   |
| Підсумковий контроль, фо-     | залік у кінці семестру   |

|  |  |
|--|--|
| рма  |  |
| Пререквізити   | Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з біохімії, цитології, генетики та молекулярної біології  |
| Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу | лекції, презентації (ілюстрація, демонстрація), розповіді, пояснення, розв'язування вправ і задач, дискусія  |
| Необхідне обладнання   | персональний комп'ютер, загальноповживані комп'ютерні програми і операційні системи, проектор  |
| Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)                | <p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• практичні/самостійні тощо: 20 % семестрової оцінки; максимальна кількість балів – 20;</li> <li>• контрольні заміри (модулі): 30 % семестрової оцінки; максимальна кількість балів – 30;</li> <li>• за залік студент отримує 50 балів.</li> </ul> <p>Залік студент отримує на підставі результатів виконання ним усіх видів робіт на практичних заняттях та контрольних замірів протягом семестру.</p> <p><b>Академічна доброчесність.</b> Усі роботи студентів повинні бути результатом самостійного, оригінального дослідження чи аналітичного міркування. Будь-які прояви академічної недоброчесності — зокрема, відсутність належного цитування літературних джерел, фальсифікація даних, плагіат, втручання в роботу інших студентів тощо — є неприпустимими. У разі виявлення порушень академічної етики письмова робота не підлягає зарахуванню, незалежно від характеру або масштабу виявленого порушення.</p> <p><b>Відвідання занять.</b> Усі студенти відвідають усі лекції та практичні заняття курсу. Студенти мають інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. Студенти зобов'язані дотримуватись усіх строків визначених для виконання письмових робіт, передбачених курсом.</p> <p><b>Література.</b> Уся література, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надана викладачем виключно в освітніх цілях без права її передачі третім особам. Студенти заохочуються до використання також іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.</p> |
| Питання до модульних контролів (замірив знань)                                     | <ol style="list-style-type: none"> <li>1.Що є основною метою системної біології?</li> <li>2. Поясніть основні принципи системної біології.</li> <li>3. Охарактеризуйте основні рівні "омік"-даних (геноміка, транскриптоміка, протеоміка, метаболоміка, епігеноміка).</li> <li>4.Поясніть, що таке біологічна мережа.</li> <li>5.Які труднощі виникають при біоінформатичній обробці великих даних?</li> </ol>   |

6. Які існують підходи до моделювання біологічних систем?
7. Як системна біологія використовується в персоналізованій медицині, фармакогеноміці, розробці таргетної терапії або вивченні резистентності до ліків? Наведіть реальний приклад застосування оміке-даних у клінічній практиці.
8. Які основні виклики існують при інтеграції оміке-даних з різних платформ (технологічні, біостатистичні, біоінформатичні, інтерпретаційні)? Які сучасні підходи дозволяють подолати ці проблеми?
9. Поясніть, як епігенетичні модифікації (метиловання ДНК, модифікація гістонів) впливають на регуляцію генів. Які технології використовуються для їх вивчення? Як епігеноміка доповнює транскриптоміку в системній біології?
10. Поясніть, як технології одноклітинної транскриптоміки (scRNA-seq) змінили уявлення про гетерогенність тканин. Які виклики існують при обробці таких даних? Як результати одноклітинного аналізу інтегруються в загальну системну модель?
11. Що таке зворотне проектування (reverse engineering) у контексті системної біології? Як за допомогою експресійних даних можна побудувати регуляторні мережі? Поясніть методи, які використовуються для реконструкції мереж (наприклад, ARACNe, GENIE3)
12. Як застосовуються методи системної біології для оцінки токсичності хімічних речовин чи ліків? Які типи оміке-даних при цьому залучаються? Як можна за допомогою мережевого аналізу передбачити токсичні ефекти?
13. Які особливості застосування системної біології до вивчення нейронних систем? Як оміке-підходи використовуються при вивченні нейродегенеративних хвороб (наприклад, хвороба Альцгеймера)?
14. Як змінилися підходи до діагностики, прогнозування та лікування захворювань у зв'язку з появою оміке-технологій? Наведіть приклади оміке-біомаркерів у сучасній медицині.
15. Поясніть шлях побудови гіпотези в системній біології: від отримання експериментальних даних до математичного моделювання та генерації нових гіпотез. Чим такий підхід відрізняється від класичної наукової методології?
16. Які етичні проблеми виникають у зв'язку з накопиченням і використанням великих масивів геномних і персональних біологічних даних? Як забезпечити конфіденційність та збереження прав учасників біомедичних досліджень?
17. Як перевірити достовірність побудованої моделі біологіч-

|            |  |
|------------|--|
|            | <p>ної системи? Які експериментальні та обчислювальні методи використовуються для валідації? Чому важливо враховувати чутливість і стабільність моделі?</p> <p>18. Поясніть підходи до інтеграції різнорідних біологічних даних (multi-omics integration): ієрархічна інтеграція, мережеві моделі, статистичні підходи. Які існують інструменти або платформи для цього.</p> <p>19. Опишіть процес побудови інтерпретованої системної моделі біологічного процесу. Які підходи забезпечують "біологічну інтерпретованість"?</p> <p>20. Поясніть, як за допомогою транскриптоміки, протеоміки та фосфопротеоміки можна відстежити активацію сигнальних шляхів у клітині. Як змінюється інтерпретація даних залежно від шару оміке-аналізу?</p> <p>21. Що таке "віртуальна клітина" або "організм <i>in silico</i>"? Поясніть підходи до побудови повних моделей клітини. Які переваги та виклики має така стратегія?</p> <p>22. Як системна біологія дозволяє виявити перехресну регуляцію між сигнальними, метаболічними та регуляторними шляхами? Які приклади таких взаємодій мають клінічне значення (наприклад, гіпоксія та імунна відповідь)?</p> <p>23. Яке значення мають системні підходи для синтетичної біології та генної інженерії? Як можна використати дані з оміке-рівнів для проєктування нових клітинних функцій або терапевтичних векторів?</p> <p>24. Проаналізуйте ключові методологічні та концептуальні обмеження системної біології. У чому полягають ризики надінтерпретації результатів? Як їх мінімізувати при плануванні дослідження?</p> |
| Оцінювання | Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.   |

Таблиця 1

## Схема курсу «Системна біологія та каскад омію»

| Тиж-день | Тема занять (перелік питань)                                 | Форма діяльності та обсяг годин              | Додаткова література / ресурси для виконання завдань (за потреби) | Термін виконання |
|----------|--|--|---|------------------|
| 1        | Еволюція наукових уявлень про організм людини і розвиток за- | Лекції – 2 год,<br>самостійна робота – 5 год |   | 1 тиж-день       |

|    |   |   |  |           |
|----|---|---|--|-----------|
|    | гальної теорії систем, які сприяли появі системної біології. Омїке-технології в системній біології.   |   |  |           |
| 2  | Геноміка: секвенування нового покоління. Біотехнології повногеномного аналізу даних експресії генів.  | Лекції – 2 год.<br>практ. заняття – 2 год.<br>самоетійна робота – 4 год     |  | 1 тиждень |
| 3  | Транскриптоміка: РНК-секвенування, диференційна експресія   | Лекції – 2 год.<br>самоетійна робота – 5 год                                |  | 1 тиждень |
| 4  | Протеоміка: мас-спектрометрія, ідентифікація білків. Генні мережі і білок-білкові взаємодії.  | Лекції – 2 год.<br>практ. заняття – 2 год.<br>самоетійна робота – 4 год     |  | 1 тиждень |
| 5  | Метаболоміка: технології, біомаркери, інтерпретація.  | Лекції – 2 год.<br>самоетійна робота – 5 год                                |  | 1 тиждень |
| 6  | Епігеноміка та епігенетичні регуляції. Вплив епігенетичних змін на експресію генів.   | Лекції – 2 год.<br>самоетійна робота – 5 год                                |  | 1 тиждень |
| 7  | Інтеграція омїке-даних: підходи та виклики.   | Лекції – 2 год.<br>практ. заняття – 2 год.<br><br>самоетійна робота – 4 год |  | 1 тиждень |
| 8  | Поняття біологічної мережі як мережі біологічних конетрукцій. Головні властивості та принципи роботи біологічних мереж. Приклади біологічних мереж. | Лекції – 2 год.<br>самоетійна робота – 5 год                                |  | 1 тиждень |
| 9  | Моделювання метаболічних мереж і динаміки біологічних процесів.   | Лекції – 2 год.<br>практ. заняття – 2 год.<br>самоетійна робота – 4 год     |  | 1 тиждень |
| 10 | BIOCONDUCTOR у системній біології:  | Лекції – 2 год.<br>самоетійна робота – 5 год                                |  | 1 тиждень |

|    |   |   |  |           |
|----|---|---|--|-----------|
|    | аналіз біологічних даних.   |   |  |           |
| 11 | Візуалізація багатовимірних біологічних даних.                              | Лекції – 2 год.<br>практ. заняття – 2 год.<br>самостійна робота – 4 год |  | 1 тиждень |
| 12 | Стандарти та формати біологічних даних                                      | Лекції – 2 год.<br>самостійна робота – 5 год                            |  | 1 тиждень |
| 13 | Системна біологія і медицина.   | Лекції – 2 год.<br>практ. заняття – 2 год.<br>самостійна робота – 4 год |  | 1 тиждень |
| 14 | Системна біологія і фармакологія.   | Лекції – 2 год.<br>самостійна робота – 5 год                            |  | 1 тиждень |
| 15 | Системна біологія старіння.   | Лекції – 2 год.<br>практ. заняття – 2 год.<br>самостійна робота – 4 год |  | 1 тиждень |
| 16 | Системна токсикологія. Передбачення впливу речовин на клітини та організми. | Лекції – 2 год.<br>практ. заняття – 2 год.<br>самостійна робота – 4 год |  | 1 тиждень |

Автор:



Олена КАШОКА

«ПОГОДЖЕНО»

Голова методичної ради

біологічного факультету

доц. Віталій ГОЙЧАРЕНКО

« 10 » 2025 р.

Гарант ОІШ

проф. Богдан ОСТАШ

« 10 » 2025 р.