

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Волинський національний університет імені Лесі Українки
Факультет (інститут) Біології та лісового господарства
Кафедра Фізіології людини і тварин

СИЛАБУС
нормативного освітнього компонента
СИСТЕМНА БІОЛОГІЯ

підготовки **Магістра**

спеціальності **Е1 Біологія та біохімія**

освітньо-професійної програми **Лабораторна діагностика**

Силабус освітнього компонента «Системна біологія» підготовки магістра, галузі знань Е природничі науки, математика та статистика, спеціальності Е1 біологія та біохімія, за освітньою програмою Лабораторна діагностика

Розробник: доц., к.б.н., Кузнєцов І.П.

Погоджено

Гарант освітньо-професійної
програми

Качинська Т. В.

Силабус освітнього компонента затверджено на засіданні кафедри фізіології людини і тварин

протокол № 1 від 28 серпня 2025 р.

Завідувач кафедри:

Качинська Т. В.

I. Опис освітнього компонента

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітньо-професійна /освітньо-наукова/освітньо-творча програма, освітній рівень	Характеристика освітнього компонента
Заочна форма здобуття освіти	Галузь знань <u>Е</u> <u>Природничі науки, математика та статистика</u> Спеціальність <u>Е1</u> <u>Біологія та біохімія</u> Освітньо-професійна програма Лабораторна діагностика Освітній рівень: <u>другий (магістерський)</u>	Нормативний
Кількість годин/кредитів <u>120 / 4</u>		Рік навчання <u>1</u>
		Семестр <u>2</u> -ий
		Лекції <u>6</u> год.
		Практичні (семінарські) <u>6</u> год. Лабораторні _____ год. Індивідуальні _____ год.
		Самостійна робота <u>94</u> год.
ІНДЗ: <u>немає</u>		Консультації <u>14</u> год.
	Форма контролю: <u>екзамен</u>	
Мова навчання: <u>українська</u>		

II. Інформація про викладача

ППІ Кузнєцов Ілля Павлович
 Науковий ступінь кандидат біологічних наук
 Вчене звання доцент
 Посада доцент кафедри фізіології людини і тварин
 Контактна інформація: Kuznetsov.Ilyya@vnu.edu.ua
 Дні занять <http://194.44.187.20/cgi-bin/timetable.cgi?n=700>

III. Опис освітнього компонента

1. Анотація ОК.

Освітній компонент «Системна біологія» присвячений вивченню складних біологічних систем через призму кількісних методів та математичного моделювання. Студенти ознайомляться з основами побудови моделей біохімічних реакцій за допомогою систем звичайних диференціальних рівнянь (ODE), що дозволяють описати динаміку концентрацій речовин у клітинних процесах. Особлива увага приділяється практичному використанню цих методів для аналізу регуляторних механізмів та передбачення поведінки біологічних систем. Другий блок ОК охоплює методи моделювання на основі диференціальних рівнянь з частинними похідними (PDE), що дають змогу досліджувати просторово-часові аспекти біологічних процесів, наприклад дифузію молекул, поширення сигналів у тканинах або градієнтні механізми розвитку. Такі підходи дозволяють переходити від рівня окремої клітини до організмового масштабу, демонструючи міждисциплінарний характер системної біології. Окрему частину ОК присвячено вивченню біохімічних мереж та сучасним задачам біоінформатики. Розглядаються методи аналізу мережної топології, моделювання сигнальних шляхів та регуляторних взаємодій, а також підходи до роботи з великими біологічними даними. Студенти здобудуть знання, які допоможуть поєднувати експериментальні результати з комп'ютерними моделями для побудови цілісної картини функціонування живих систем.

2. Пререквізити.

Передумови вивчення ОК: студенти повинні попередньо прослухати ОК «Інформатика», «Основи вищої математики та математичного аналізу», «Іноземна мова в професійній комунікації», «Цитоморфологія», «Методологія та організація наукових досліджень», «Сучасні діагностичні методи у сфері біологічних досліджень».

Постреквізити: «Системний аналіз крові», «Методи діагностики інфекційних хвороб», «Системна біохімія», «Математичне моделювання в біології» та ін. Мета і завдання освітнього компонента.

Метою освітнього комопненту є формування у студентів комплексу знань і умінь щодо системного опису біологічних та медичних явищ, формування на його основі математичних моделей вказаних явищ.

Завдання ОК: запропонувати систему сучасних уявлень, принципів, закономірностей кібернетики та її методів – моделювання у біології, фізіології та нейрокібернетиці, які допоможуть студентам систематизувати знання з проблем організації та функціонування живих систем, інформаційних процесів та управління у них.

3. Компетентності. Програмні результати навчання. Soft skills.

Загальні компетентності (ЗК):

ЗК02. Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології.

Спеціальні (фахові, предметні) компетентності (СК):

ФК01. Здатність користуватися новітніми досягненнями біології, необхідними для професійної, дослідницької та/або інноваційної діяльності.

ФК03. Здатність користуватися сучасними інформаційними технологіями та аналізувати інформацію в галузі біології і на межі предметних галузей.

ФК04. Здатність аналізувати і узагальнювати результати досліджень різних рівнів організації живого, біологічних явищ і процесів.

ФК06. Здатність прогнозувати напрямки розвитку сучасної біології на основі загального аналізу розвитку науки і технологій.

Програмні результати навчання (ПРН):

ПРН5. Аналізувати та оцінювати вплив досягнень біології на розвиток суспільства.

ПРН6. Аналізувати біологічні явища та процеси на молекулярному, клітинному, організменному, популяційно-видовому та біосферному рівнях з точки зору фундаментальних загальнонаукових знань, а також за використання спеціальних сучасних методів досліджень.

ПРН16. Критично осмислювати теорії, принципи, методи з різних галузей біології для вирішення практичних задач і проблем.

Soft skills(т. зв. «м'які навички): вміння працювати в команді; креативність; вміння прогнозувати, гнучкість, швидка адаптація до змін та ін.

4. Структура освітнього компонента.

Назви змістових модулів і тем	Усього	Лек.	Лабор.	Сам. роб.	Конс.	Форма контролю/ Бали
Змістовий модуль 1. Динамічні моделі в системній біології.						
Тема 1. Вступ. Історія, структура та завдання системної біології.	2			2		
Тема 2. Диференціальне та інтегральне числення, диференційні рівняння.	12	2		8	2	
Тема 3. Звичайні диференціальні рівняння, їх використання для	12	2		8	2	

аналізу кінетики реакцій.						
Тема 4. Системи звичайних диференціальних рівнянь. Кінетика за Міхаеліс-Ментен.	14	2	2	10		Пр, Т / 15, 10
Тема 5. Системи звичайних диференціальних рівнянь для різних типів кінетичних процесів.	10		2	8		Пр, Т / 15, 10
Тема 6. Типи регуляції в системі ЗДР. Генетичний осцилятор.	10			8	2	
Тема 7. Диференціальні рівняння в частинних похідних, їх використання для дослідження кінетики реакцій.	10			8	2	
Разом за модулем 1	70	6	4	52	8	50
Змістовий модуль 2. Графові моделі в системній біології. Біоінформатика.						
Тема 8. Основи теорії графів.	8			8		
Тема 9. Сигнальні шляхи як графові структури.	10		2	8		Пр, Т / 15, 5
Тема 10. Моделювання невідомих взаємодій, псевдо-вузли.	8			6	2	
Тема 11. Генні мережі регуляції, епістатичні мережі, мережі взаємодій ліків із цільовими білковими структурами.	8			6	2	
Тема 12. Мережі типу Small-World та безмасштабні мережі.	6			6		
Тема 13. Біоінформатика. Марківські та приховані марківські моделі у аналізі геному та протеому.	10			8	2	
Разом за модулем 2	50		2	42	6	20
Види підсумкових робіт						Бал
<i>МКР1 (перший змістовий модуль)</i>						15
<i>МКР2 (другий змістовий модуль)</i>						15
ІНДЗ (за наявності)						
Інше (вказати)						
Всього годин/Балів	120	6	6	94	14	100

Форми контролю*: ДС – дискусія, ДБ – дебати, Т – тести, ТР – тренінг, РЗ/К – розв’язування задач/кейсів, ІНДЗ/РС – індивідуальне завдання/індивідуальна робота здобувача освіти, РМГ – робота в малих групах, МКР/КР – модульна контрольна робота/ контрольна робота, Р – реферат, а також аналітична записка, аналітичне есе, аналіз твору тощо.

5. Завдання для самостійного опрацювання.

№	Теми
1.	Головні етапи розвитку біології. Холізм і редукціонізм в біології.
2.	Моделювання систем – основний підхід системної біології.

3.	Загальні уявлення про системні властивості біологічних об'єктів.
4.	Функціональна і мережева структурованість та динамічність живих систем.
5.	Основні закони термодинаміки. Термодинаміка відкритих систем. Теорема Пригожина.
6.	Вільнорадикальне окиснення, ферментативна і неферментативна продукція тепла.
7.	Біологічні молекули як функціональні конструкції: білки, нуклеїнові кислоти, вуглеводи, ліпіди та ін.
8.	Надмолекулярні функціональні конструкції: хроматин, клітинний та міжклітинний матрикс, клітинні органели, міжклітинні контакти.
9.	Гіперцикли Ейгена як найпростіші математичні моделі роботи молекулярно-інформаційних систем.
10.	Прямі і зворотні зв'язки між біологічними функціональними конструкціями як основа формування складних мереж зі спеціалізацією.
11.	Кодування інформації в живих системах. Поняття інформаційного повідомлення. «Слово», як найпростіше повідомлення. Інші види повідомлень.
12.	Міжклітинні комунікації: хімічні, електричні, акустичні, електромагнітні тощо.
13.	Живі системи – адаптивні системи. Принцип Ле Шательє-Брауна для рівноважних систем, а також для нерівноважних систем, що знаходяться в стаціонарному стані.
14.	Адаптація, як модифікація програми розвитку організму під впливом факторів середовища. Специфічність і неспецифічність онтогенетичних адаптацій.
15.	Стрес як загальна адаптаційна реакція. Механізми клітинного стресу.
16.	Нейроендокринні і метаболічні механізми стрес-реакції у людини і тварин.
17.	Мутації як основний механізм зміни програм розвитку і формування різноманіття в популяції живих організмів. Види мутацій. Молекулярна еволюція.
18.	Протеоміка, метаболоміка, біоміка
19.	Ліпідоміка, інтерактоміка, флаксоміка.
20.	Комп'ютерні бази даних і системи візуалізації експериментальних даних та теоретичних моделей.
21.	Теорія хаосу, поняття синергетики, теорія управління, теорія випадкових процесів.
22.	Канцерогенез як біологічний молекулярно-інформаційний феномен. Сучасні уявлення про етапи розвитку канцерогенезу.
23.	Первинний аналіз та обробка даних – статистика: базові поняття та методи обробки експериментальних даних.
24.	Кінетика ферментативних реакцій. Рівняння Міхаеліса-Ментен для найпростіших реакцій. Інгібування.

IV. Політика оцінювання

Політика викладача щодо здобувача освіти

Оцінювання знань здобувачів освіти з ОК «Системна біологія» здійснюється відповідно до Положення про поточне та підсумкове оцінювання знань здобувачів вищої освіти Волинського національного університету імені Лесі Українки від 26.06.2025 р. (URL: <https://ed.vnu.edu.ua/wp-content/uploads/2025/06/2025.-%D0%9F%D1%80%D0%BE-%D0%BF%D0%BE%D1%82%D0%BE%D1%87%D0%BD%D0%B5-%D1%96-%D0%BF%D1%96%D0%B4%D1%81%D1%83%D0%BC%D0%BA.%D0%BE%D1%86%D1%96%D0%BD%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F.pdf>) за 100-бальною шкалою, на основі результатів поточного і підсумкового модульного контролю знань. Об'єктом оцінювання знань здобувачів освіти є програмовий матеріал з ОК, засвоєння яких перевіряється під час цих видів контролю. Максимальний бал за кожну з форм роботи визначено у таблиці 2 силабуса освітнього компонента.

Практичні навички (виконання лабораторної роботи) оцінюються за результатами виконання практичних робіт. Відвідування занять є обов'язковим та дає можливість отримати задекларовані загальні та фахові компетентності, вчасно і якісно виконати завдання. За об'єктивних причин (наприклад, хвороба, міжнародне стажування) навчання може відбуватись індивідуально (в он-лайн формі за погодженням із деканом факультету). Практична робота може бути оцінена на максимальну кількість балів, якщо студент вчасно виконав всі завдання, оформив роботу, зробив висновки. Практичні роботи здаються на наступному занятті після закінчення практичної роботи.

Перескладання модулів відбувається із дозволу лектора за наявності поважних причин (наприклад, лікарняний).

Впродовж поточної роботи здобувач освіти має набрати не менше 35 балів (як допуск до складання іспиту). Для отримання допуску здобувач освіти має відпрацювати лабораторні роботи до дати іспиту під час основної сесії. Оцінки за відпрацьовані роботи викладач виставляє в електронний журнал успішності поруч або замість «н». У випадку, якщо здобувач освіти отримав менше, ніж 35 балів, він не може бути допущеним до екзамену і повинен бути відрахований за академічну неуспішність.

Політика щодо академічної доброчесності

Списування під час письмового опитування, контрольних робіт та МКР заборонені (в т.ч. із використанням мобільних пристроїв). Реферати повинні мати коректні текстові посилання на використану літературу.

Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій роботі студента є підставою для її незарахування, незалежно від масштабів плагіату чи обману.

Неформальна освіта при викладанні дисципліни. Визнання результатів навчання, отриманих у неформальній освіті здійснюється відповідно до «Положення про визнання результатів навчання, отриманих у формальній, неформальній та/або інформальній освіті у Волинському національному університеті імені Лесі Українки» (https://vnu-taskid841251.s3.eu-north-1.amazonaws.com/s3fs-public/inline-files/%2B2024_%D0%92%D0%B8%D0%B7%D0%BD%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D1%80%D0%B5%D0%B7%D1%83%D0%BB_%D1%82%D0%B0%D1%82i%D0%B2_%D0%92%D0%9D%D0%A3_i%D0%BC.%D0%9B.%D0%A3._%D1%80%D0%B5%D0%B4.pdf)

Рекомендовані платформи для проходження навчання у неформальній освіті:
Prometheus + <https://prometheus.org.ua/>
Всеосвіта <https://vseosvita.ua/webinar>

Coursera <https://coursera.org>

За умови підтвердження, що зміст майстер-класів (семінарів, курсів тощо) відповідає темам ОК, сертифікати участі в них (або інші підтверджуючі документи) будуть достатньою підставою для зарахування відповідних тем.

Політика щодо дедлайнів та перескладання: роботи, які здаються із порушенням термінів без поважних причин, оцінюються на нижчу оцінку (з кожної теми віднімається 0,5 балів від отриманого).

V. Підсумковий контроль

Підсумковий контроль – екзамен. Оцінювання знань студентів здійснюється за результатами поточного й модульного контролю. При цьому завдання із цих видів контролю оцінюються в діапазоні від 0 до 100 балів включно.

У випадку незадовільної підсумкової оцінки, або за бажання підвищити рейтинг, студент складає екзамен у письмовій формі. При цьому на екзамен виноситься 30 балів, а бали, набрані за результатами модульних контрольних робіт, анулюються. Для отримання оцінки потрібно набрати певну кількість балів згідно шкали оцінювання.

Орієнтовні питання до іспиту

1. Що таке системна біологія і чим вона відрізняється від класичної молекулярної біології?
2. Які основні принципи лежать в основі системного підходу до вивчення живих систем?
3. Як поняття «емерджентності» застосовується в системній біології?
4. Які типи моделей використовуються для опису біологічних систем?
5. Що таке топологічна модель біологічної мережі?
6. Які етапи включає побудова математичної моделі біологічного процесу?
7. Які обмеження існують у використанні редукціоністських підходів для вивчення біології?
8. Як системна біологія інтегрує дані з геноміки, протеоміки та метаболоміки?
9. Що таке "модульність" у біологічних мережах і чому вона важлива?
10. Як поняття зворотного зв'язку пояснює стабільність або коливання в клітинних системах?
11. Як формулюється система ЗДР для опису хімічних реакцій у клітині?
12. Що таке кінетика за масовою дією (law of mass action)?
13. Як визначається швидкість реакції у моделі Майкла-Ментен?
14. У чому полягає різниця між детермінованими та стохастичними моделями реакційних систем?
15. Що таке стаціонарний стан системи диференціальних рівнянь і як його знаходять?
16. Як проводиться лінеаризація нелінійної системи біохімічних рівнянь?
17. Як використовуються фазові портрети для аналізу поведінки системи?
18. Наведіть приклад моделі генетичного осцилятора і поясніть, які рівняння його описують.
19. Які параметри визначають стійкість біохімічної системи?
20. Що таке біфуркація в контексті клітинних процесів?
21. У яких випадках необхідно використовувати PDE для моделювання біологічних процесів?
22. Що описує рівняння дифузії Фіка і як воно застосовується до клітинного середовища?
23. Як можна змодельовати дифузію білків у клітині за допомогою PDE?
24. У чому полягає різниця між локальними та просторово-розподіленими моделями?
25. Як PDE використовуються для опису градієнтів морфогенів під час ембріонального розвитку?
26. Які чисельні методи застосовуються для розв'язання PDE у системній біології (наведіть приклади)?
27. Що таке граничні умови і як вони впливають на розв'язок PDE?
28. Як комбінуються PDE та ЗДР у гібридних моделях клітинних процесів?

29. Наведіть приклад реакційно-дифузійної моделі Тьюрінга.
30. Які явища можуть бути пояснені за допомогою реакційно-дифузійних моделей (приклади з біології)?
31. Як подати біологічну мережу у вигляді графа?
32. Що таке вершини та ребра у графовому поданні генетичних або білкових мереж?
33. Як обчислити ступінь вершини у графі та що він означає у біологічному контексті?
34. Що таке кластерний коефіцієнт і як він інтерпретується у мережах білкових взаємодій?
35. Які типи мереж розрізняють у системній біології: орієнтовані, неорієнтовані, зважені?
36. Як можна виявити ключові вузли (hub nodes) у регуляторній мережі?
37. Що таке центральність вузла і які існують типи центральності (degree, betweenness, closeness)?
38. Як поняття "мотива" використовується у структурному аналізі генетичних мереж?
39. У чому полягає різниця між випадковими та безмасштабними мережами?
40. Як топологічні властивості мережі можуть впливати на її стійкість до мутацій?
41. Що означає термін «безмасштабна мережа» (scale-free network)?
42. Який тип розподілу ступенів характеризує безмасштабні мережі?
43. Які біологічні мережі демонструють безмасштабність?
44. Як безмасштабність впливає на стійкість біологічних мереж до випадкових ушкоджень?
45. Як ідентифікуються ключові гени чи білки у безмасштабних мережах?
46. Яке біологічне значення має властивість малосвітовості (small-world property)?
47. Як можна використати безмасштабні моделі для аналізу метаболічних мереж?
48. Як безмасштабність проявляється у протеомних мережах?
49. Як за допомогою графових методів виявити модулі коекспресії генів?
50. Які обмеження існують у застосуванні безмасштабних мереж для опису біологічних систем?

VI. Шкала оцінювання

Шкала оцінювання знань здобувачів освіти з освітніх компонентів, де формою контролю є іспит

Оцінка в балах	Лінгвістична оцінка	Оцінка за шкалою ECTS	
		оцінка	пояснення
90–100	Відмінно	A	відмінне виконання
82–89	Дуже добре	B	вище середнього рівня
75–81	Добре	C	загалом хороша робота
67–74	Задовільно	D	непогано
60–66	Достатньо	E	виконання відповідає мінімальним критеріям
0–59	Незадовільно	Fx	Необхідне перескладання

VI. Рекомендована література та інтернет-ресурси.

1. Горобець С.В.б Горобець О.Ю., Дем'яненко І.В. Біоінформатика. Практикум: навч. посіб. для студ. спеціальності 162 «Біотехнологія та біоінженерії» / Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 87 с. <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/1f576a1b-66a5-43b1-9fef-41b4077d3eee/content>

2. Кузнецов І. П., Качинська Т. В. Лабораторний практикум з нейроінформатики / Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки, медико-біологічний факультет, кафедра фізіології людини і тварин. – Луцьк, 2020. – 92 с.
3. Мислити моделями (укр. субтитри) <https://coursera.org/learn/model-thinking>
4. Курс з системної біології від МІТ: https://ocw.mit.edu/courses/8-591j-systems-biology-fall-2014/video_galleries/lecture-videos/
5. Курс з системної біології, Coursera: <https://www.coursera.org/learn/systems-biology>
6. Курс з основ обчислювальної і системної біології від МІТ: https://ocw.mit.edu/courses/7-91j-foundations-of-computational-and-systems-biology-spring-2014/video_galleries/video-lectures/