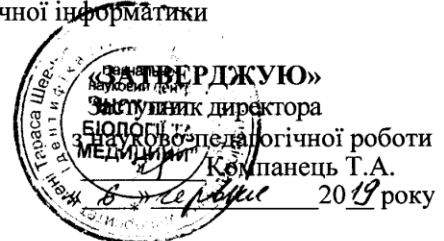


КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Навчально-науковий центр «Інститут біології та медицини»

Кафедра біофізики та медичної інформатики



**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**ОСНОВИ СИСТЕМНОЇ БІОЛОГІЇ**

**для аспірантів**

галузь знань 09 Біологія  
спеціальність 091 Біологія  
освітній рівень «Доктор філософії»  
освітня програма «Біологія»  
вид дисципліни вибіркова

Форма навчання	<u>денна</u>
Навчальний рік	<u>2019/2020</u>
Семестр	<u>4</u>
Кількість кредитів ECTS	<u>4</u>
Мова викладання, навчання та оцінювання	<u>українська</u>
Форма заключного контролю	<u>екзамен</u>

Викладач: Мартинюк В.С.

Пролонговано: на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» 20\_\_ р.  
(підпис, ПІБ, дата)

на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» 20\_\_ р.  
(підпис, ПІБ, дата)


**КИЇВ – 2019**

**Розробники:**

Мартинюк Віктор Семенович, доктор біологічних наук, професор кафедри біофізики та медичної інформатики ННЦ «Інститут біології та медицини» Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри біофізики та медичної інформатики

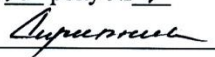
 Жолос О.В.)

(підпис)

Протокол № 19 від «5» травня 2019 р.

Схвалено науково-методичною комісією  
ННЦ «Інститут біології та медицини»  
Київського національного університету імені Тараса Шевченка

Протокол від «06» червня 2019 року № 4

Голова науково-методичної комісії  (Скрипник Н.В.)

«06» червня 2019 року

**1. Мета дисципліни** – інтегрування аспірантом теоретичних і практичних знань і навичок, отриманих при вивченні окремих біологічних курсів, для розуміння холистичних (емерджентних) принципів організації біологічних процесів.

**2. Попередні вимоги до опанування навчальної дисципліни:**

1. Успішне опанування науково-теоретичного та практичного матеріалу навчальних дисциплін, які викладаються студентам освітнього рівня «Бакалавр» та «Магістр» за спеціальністю «Біологія».
2. Знання теоретичних основ та практичних навичок методології з імунології, біохімії, генетики, цитології та гістології, мікробіології, біофізики тощо. Використовувати методи досліджень біологічних процесів на рівні випускника магістратури Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

**3. Анотація навчальної дисципліни:**

Дисципліна «Основи системної біології» належить до переліку дисциплін вільного вибору аспіранта. У даній дисципліні докладно розглядаються головні ознаки та принципи організації життя. Структура дисципліни включає інтеграцію знань зі структурної організації живих організмів, розгляд молекулярно-інформаційних процесів, що лежать в основі динамічного функціонування і еволюції регуляторних систем на різних рівнях організації життя (від молекулярного до соціального), дискусію щодо ролі системної біології у вирішенні актуальних проблем сучасної медицини.

**4. Завдання (навчальні цілі):**

- 1) розглянути основні фізичні і синергетичні принципи організації життя;
- 2) розглянути базові принципи організації та функціонування біологічних молекулярно-інформаційних систем;
- 3) розглянути адаптаційні та еволюційні процеси як прояв фундаментальних властивостей динамічних біологічних молекулярно-інформаційних систем.
- 4) розглянути приклади системно-біологічного підходу до вирішення сучасних проблем у медицині.

Згідно з вимогами Національної рамки кваліфікацій дев'ятого рівня освіти дисципліна забезпечує набуття аспірантами таких *компетентностей*:

*інтегральна*: Здатність розв'язувати комплексні проблеми в галузі професійної та/або дослідницько-інноваційної діяльності, що передбачає глибоке переосмислення наявних та створення нових цілісних знань та/або професійної практики.

*загальні*:

1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;
2. Навички використання новітніх інформаційних і комунікаційних технологій;
3. Здатність до проведення самостійних досліджень на сучасному рівні;
4. Здатність до пошуку, оброблення на аналізі інформації з різних джерел;
5. Здатність генерувати нові ідеї (креативність);
6. Здатність працювати в міжнародному науковому просторі;
7. Здатність розробляти та управляти науковими проектами;
8. Здатність саморозвиватися, вчитися і бути сучасно навченим;
9. Вміння виявляти, ставити та вирішувати на системному рівні наукові проблеми.
10. Прагнення до збереження навколишнього середовища.

*спеціальні (фахові, предметні)*:

1. Здатність застосовувати отримані знання та розуміння для вирішення проблем сучасної біології;
2. Здатність формулювати наукову проблему, робочі гіпотези досліджуваної проблеми, що передбачає глибоке переосмислення наявних та створення нових цілісних знань та/або професійної практики;
3. Здатність обирати адекватні методи для ефективного вирішення конкретних науково-практичних задач у галузі біології і біомедицини;

4. Здатність самостійно проводити наукові дослідження, які дають можливість переосмислити наявне та створити нове цілісне системне знання;
5. Здатність інтерпретувати дані, отримані в результаті наукового дослідження і зіставляти виявлені факти з сучасними концепціями, гіпотезами та теоріями;
6. Поглиблене знання за широким колом питань сучасної біології;
7. Здатність ефективно спілкуватися з широкою науковою спільнотою;
8. Розуміння етичних аспектів наукової діяльності в галузі біології;
9. Здатність розвивати особисте відчуття відповідальності за отримані в ході наукової діяльності результати;
10. Здатність представляти результати власного дослідження широкому загалу фахівців та нефаківців; спроможність працювати у міждисциплінарній команді.

**5. Результати навчання за дисципліною:**

Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)		Форми та методи викладання і навчання	Методи оцінювання	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
	<b>Знати</b>			
1.1	Знати критерії та методологічні підходи для оцінки основних властивостей живих систем.	Лекції, практичні заняття, самостійна робота	Модульна контрольна робота/ Оцінювання презентації/ доповіді, іспит	20
1.2	Знати основні принципи дослідження і моделювання біологічних процесів	Лекції, практичні заняття, самостійна робота	Модульна контрольна робота/ Оцінювання презентації/ доповіді, іспит	10
1.3	Знати основні принципи системного підходу до вирішення практичних задач у біології, біотехнології і медицині.	Лекції, практичні заняття, самостійна робота	Модульна контрольна робота/ Оцінювання презентації/ доповіді, іспит	10
	<b>Вміти</b>			
2.1	На основі інтегрованих знань з біологічних дисциплін, фізики, математики, інших природничих і гуманітарних наук вміти системно аналізувати і інтерпретувати біологічні процеси на різних рівнях їх організації.	Лекції, практичні заняття	Оцінювання практичних завдань	20
2.2	На основі знань системних принципів роботи молекулярно-інформаційних систем та механізмів порушення функцій організму вміти пояснювати причини патологічних станів та способи їх корекції.	Лекції, практичні заняття	Оцінювання практичних завдань	15
2.3	На основі системних знань вміти генерувати нові ідеї і теоретичні уявлення з метою розв'язування сучасних проблем біології і біомедицини.	Лекції, практичні заняття	Оцінювання практичних завдань	15
	<b>Комунікація</b>			
3.1	Представляти результати наукових	Практичні за-	Оцінювання прак-	5

	досліджень у формі усної доповіді/стендової презентації з використанням сучасних технологій, коректно та змістовно вести дискусію	няття	тичних завдань/усних доповідей/презентацій	
4.1	Виявляти лідерські якості, саморозвиватися і самовдосконалюватися, нести відповідальність за визначення новизни наукових досліджень та прийняття експертних рішень	Самостійна робота	Оцінювання презентації/доповіді	5

## 6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

Результати навчання дисципліни (код) Програмні результати навчання (назва)	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	4.1
Демонструвати глибоке знання передових сучасних концептуальних та методологічних знань в галузі науково-дослідницької та/або професійної діяльності й на межі предметних галузей знань	+	+	+	+	+	+		
Демонструвати знання в предметній області та науково-практичних потребах професії	+	+	+	+	+	+		
Аналізувати самостійно наукові роботи провідних вчених, наукових шкіл та фундаментальних праць у галузі дослідження	+	+			+	+		
Планувати та реалізувати на практиці методологічні принципи та методи біологічних досліджень				+	+	+		
Формулювати та формувати принципи наукової комунікації та обміну інформацією							+	+
Виявляти лідерські якості, саморозвиватися і самовдосконалюватися, нести відповідальність за визначення новизни наукових досліджень та прийняття експертних рішень							+	+

## 7. Схема формування оцінки.

### 7.1 Форми оцінювання аспірантів:

#### - семестрове оцінювання:

1. Модульна контрольна робота з 1-го розділу: РН 1.1, 2.1 – 20 балів/10 балів
2. Модульна контрольна робота з 2-го розділу: РН 1.2, 2.2 – 20 балів/10 балів
3. Модульна контрольна робота з 3-го розділу: РН 1.3-2.3 – 10 балів/5 балів
3. Реферат/усна доповідь/презентація: РН 3.1,4.1 – 6 балів/3 бали
4. Практичні роботи (2 робіт): РН 2.1-4.1 – 2 балів/1 бал за кожену

#### - підсумкове оцінювання: у формі екзамену

Формою проведення екзамену є тестова контрольна робота. Результатами навчання, які оцінюються в тестовій контрольній роботі, є РН 1.1-1.3 Максимальна кількість балів, які можуть бути отримані аспірантом, становить 40 балів за 100 бальною шкалою.

#### - умови допуску до екзамену:

Обов'язковим для екзамену є написання 3 контрольних робіт та написання реферату і виконання доповіді за темою реферату. Аспірант допускається до екзамену за умови успішного виконання всіх передбачених планом практичних робіт. Аспірант не допускається до екзамену, якщо під час семестру набрав менше ніж 20 балів.

## 7.2 Організація оцінювання:

Оцінювання практичних робіт здійснюється протягом семестру, контрольні роботи 1, 2, 3 проводяться протягом семестру, після завершення лекцій відповідних розділів 1, 2, 3. Оцінка реферату/доповіді/презентації проводиться впродовж лекційного курсу.

## 7.3 Шкала відповідності оцінок

Відмінно / Excellent	90-100
Добре / Good	75-89
Задовільно / Satisfactory	60-74
Незадовільно з можливістю повторного складання / Fail	35-59
Незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни / Fail	0-34

**8. Структура навчальної дисципліни.**  
**Тематичний план лекцій і практичних занять**

№ п/п	Назва теми	Кількість годин		
		Лекції	Практичні	Самостійна робота
<i>Змістовний модуль 1</i>				
1	<b>Тема: Сучасна біологія як система міждисциплінарних знань про життя. Головні ознаки життя.</b>	6	2	40
	<p><b>Лекція 1. Вступ. Життя як Вселенський феномен. Сучасна біологія як система міждисциплінарних знань про життя.</b></p> <p>В якому Всесвіті ми живемо? Всесвіт як велетенський конструктор «LEGO». Біосфера, як особлива підсистема планети Земля. Головні властивості Біосфери. Ноосфера як результат спільної еволюції біосфери і техносфери. Постійне безперервне існування, ускладнення і експансія як головні задачі життя. Чи є мета у життя, як планетарного і космічного феномена?</p> <p>Головні етапи розвитку біології. Холізм і редукціонізм в біології. Системна біологія як міждисциплінарна інтегративна наука про життя: мета і область досліджень, наукова парадигма, теоретичні основи, основний інструментарій, соціокультурне значення. Різне розуміння системної біології. Системна біологія і медицина.</p> <p>Головні ознаки живих систем: відкритість і нерівноважність, динамічність, функціональна і мережева структурованість, будова на основі автокаталітичних (самовідтворюваних) молекулярно-інформаційних систем, адаптивність, еволюція програм розвитку.</p>	2		

	<p><b>Лекція 2. Головні ознаки життя. Енергетика життя. Функціональна і мережева структурованість і динамічність.</b></p> <p>Живі системи – структуровані відкриті термодинамічні системи, які постійно підтримують свій нерівноважний стан. Яку енергію запасують і використовують живі системи? Робота молекулярних машин як основний шлях використання вільної енергії нерівноважного стану. Фізико-хімічні, молекулярно-біологічні, клітинні і інтегративні механізми енергозабезпечення нерівноважного стану: електрогенез в біологічних мембранах, іонні канали, вільнорадикальне окиснення, ферментативна і неферментативна продукція тепла, системи продукції макроергічних сполук на основі окисно-відновних процесів (ана- і аеробне дихання, фото- і хемоситез).</p> <p>Живі системи - структуровані системи, які складаються з функціональних конструкцій, що утворюють автокаталітичні (самовідтворювані) і самоузгоджені авторегульовані функціональні мережі, побудовані на прямих і зворотних зв'язках між функціональними елементами. Поняття біологічної функціональної конструкції (функціонального елемента). Біологічні молекули як функціональні конструкції: білки, нуклеїнові кислоти, вуглеводи, ліпіди та інші функціональні речовини-конструкції. Надмолекулярні функціональні конструкції: хроматин, клітинний і міжклітинний матрикс, клітинні органели, міжклітинні контакти. Тканини і органи як функціональні конструкції. Прямі і зворотні зв'язки між біологічними функціональними конструкціями як основа формування складних мереж з певними функціональними спеціалізаціями. Поняття біологічної мережі як мережі біологічних конструкцій (елементів). Головні властивості та принципи роботи біологічних мереж. Приклади біологічних мереж. Теорія систем, теорія (складних) систем, теорія динамічних систем, теорія графів і Марковські процеси, як теоретичні основи для математичної формалізації і моделювання біологічних мереж. Моделювання метаболічних мереж і динаміки біологічних процесів.</p>	2		
--	--	---	--	--



<p><b>Лекція 3. Головні ознаки життя. Живі системи – молекулярно-інформаційні системи.</b> Теорія інформації в біології. Живі системи як інформаційні системи. Основні поняття теорії інформації в контексті біологічних парадигм. Інформаційна система: загальна структура, передавачі і приймачі, канали зв'язку, сигнали, кодування і декодування інформації, джерела перешкод. Генерація, сприйняття і обробка хімічних, електричних, акустичних і електромагнітних сигналів в живих системах. Кодування інформації в живих системах. Поняття інформаційного повідомлення. «Слово», як найпростіше повідомлення. Інші види повідомлень, семантика повідомлень. Клітинний «Асемблер»: найпростіші хімічні, електрохімічні і електромагнітні коди як клітинні слова-команди на прикладі мережевих систем міжклітинної комунікації і нейронних мереж. Елементарні квантово-фізичні взаємодії між молекулярними функціональними конструкціями як основа «машинного коду» живих систем. Живі системи – автокаталітичні (самовідтворювані) молекулярно-інформаційні системи які розвиваються та здійснюють свої функції за генетичною програмою (за алгоритмом). Клітинне «програмування» високого рівня – ДНК-РНК технології і біосинтез білка. Механізми зберігання, відновлення і передачі генетичної інформації: ДНК і РНК як фізичні носії інформації, синтезу «виконавчих» (функціональних) структур» - білків і РНК, - як інформаційний процес. Системи «генетичного гомеостазу» як система обслуговування роботи молекулярно-інформаційної системи клітини. Гіперцикли Ейгена як найпростіші математичні моделі роботи молекулярно-інформаційних систем. Генетичні (генні) мережі. Приклади генетичних (генних) мереж. Моделювання генетичних (генних) мереж. Біологічні інформаційні процеси на прикладі мережевих систем міжклітинної комунікації і нейронних мереж. Інформаційні взаємодії між функціональними елементами (клітинними підсистемами, клітинами, тканинами, органами і організмами) за допомогою хімічних, електричних, акустичних і електромагнітних сигналів. Приклади генерації, кодування, передачі, сприйняття і обробки сигналів в біологічних системах. Внутрішньоклітинні комунікаційні мережі (системи внутрішньоклітинної регуляції). Міжклітинні комунікації: хімічні, електричні, акустичні і електромагнітні.</p>	2		
<p><b>Практична робота 1.</b> Системний підхід у вирішенні ключових проблем сучасної біології.</p>		2	
<p><b>Самостійна робота.</b> Живі системи – автокаталітичні (самовідтворювані) молекулярно-інформаційні системи які розвиваються та здійснюють свої функції за генетичною програмою (за алгоритмом). Генетичні (генні) мережі.</p>			40

	Приклади генетичних (генних) мереж. Моделювання генетичних (генних) мереж. Біологічні інформаційні процеси на прикладі мережевих систем міжклітинної комунікації і нейронних мереж. Інформаційні взаємодії між функціональними елементами (клітинними підсистемами, клітинами, тканинами, органами і організмами) за допомогою хімічних, електричних, акустичних і електромагнітних сигналів. Приклади генерації, кодування, передачі, сприйняття і обробки сигналів в біологічних системах.			
<b>Змістовний модуль 2</b>				
4	<b>Тема: Головні ознаки життя. Методологія і інструментарій системної біології.</b>	6		40
	<b>Лекція 4. Головні ознаки життя. Живі системи – адаптивні системи.</b> Феномен «адаптації» в неживому світі рівноважних систем. Принцип Ле Шательє-Брауна для рівноважних систем, а також нерівноважних систем, що знаходяться в стаціонарному стані. Онтогенетична адаптація як біологічний феномен, що контролюється генетичною програмою розвитку живого організму. Адаптація, як модифікація програми розвитку організму під впливом факторів середовища. Види адаптацій. Специфічність і неспецифічність онтогенетичних адаптацій. Стрес як загальна адаптаційна реакція. Механізми клітинного стресу. Нейроендокринні і метаболічні механізми стрес-реакції у людини і тварин. Виховання як процес адаптації до соціокультурних умов. Зміна навколишнього середовища живими організмами як вища форма адаптації.	2		
	<b>Лекція 5. Живі системи – еволюціонуючі системи.</b> Еволюція як процес поступової або швидкої зміни програм розвитку живих систем під впливом зовнішніх і внутрішніх факторів. Основні механізми, що забезпечують зміни програм розвитку в популяціях живих організмів. Мутації як основний механізм зміни програм розвитку і формування різноманіття в популяції живих організмів. Види мутацій. Молекулярна еволюція. Фіксація мутацій в популяціях. Боротьба за існування та природний добір як рушійні сили еволюції. Мікро- і макроеволюція. Сучасні проблеми теорії еволюції з позиції теорії складних систем мережевої природи. Математичне моделювання еволюційних процесів.	2		
	<b>Лекція 6. Методологія і інструментарій системної біології.</b> Всеосяжна модель біологічної системи «від	2		

	<p>молекули до організму» як основна мета системно-біологічного дослідження.</p> <p>Експериментальна методологія і інструментарій: геноміка і епігеноміка, транскриптоміка і інтефероміка, протеоміка, глікоміка і ліпідоміка, метаболоміка, інтерактоміка, флаксоміка, біоміка.</p> <p>Теоретична методологія і інструментарій: теорія систем, теорія динамічних систем, теорія хаосу, синергетика, теорія інформації, теорія управління, теорія випадкових процесів.</p> <p>Методи та інструменти біоінформатики: комп'ютерні бази даних і системи візуалізації експериментальних даних та теоретичних моделей.</p>			
	<p><b>Самостійна робота.</b> Механізми клітинного стресу. Нейроендокринні і метаболічні механізми стрес-реакції у людини і тварин.</p> <p>Математичне моделювання еволюційних процесів.</p> <p>Теоретична методологія і інструментарій: теорія систем, теорія динамічних систем, теорія хаосу, синергетика, теорія інформації, теорія управління, теорія випадкових процесів.</p> <p>Комп'ютерні бази даних і системи візуалізації експериментальних даних та теоретичних моделей.</p>			40
<b>Змістовний модуль 3</b>				
6	<b>Тема: Системна біологія і медицина. Системна біологія і філософія майбутнього.</b>	6	2	16
	<p><b>Лекція 7. Системна біологія і медицина. Системна біологія канцерогенезу.</b></p> <p>Канцерогенез як біологічний молекулярно-інформаційний феномен. Основні властивості ракових клітин. Сучасні уявлення про етапи розвитку канцерогенезу. Стадія ініціації: мутації, онкогени, внутрішньоклітинні каскадів при ініціації канцерогенезу. Стадія промоції: промотори канцерогенезу, активація проліферативних сигнальних каскадів. Стадія стовбурової клітини: пригнічення системи регуляції диференціювання клітини, утворення клону проліферуючих клітин з високою нестабільністю геному, просторова гетерогенність клону. Стадія пухлинної прогресії: ріст і розвиток пухлини, зміна клітинного складу і стовбурових ліній пухлини. Канцерогенез і імунітет. Метастазування пухлини, пошкодження тканин і системна інтоксикація організму. Системна біологія і проблема індивідуального лікування хворих на рак.</p>	2		
	<p><b>Лекція 8. Системна біологія і фармакологія. Системна біологія старіння.</b></p> <p>З'ясування механізмів розвитку патологічного процесу на всіх рівнях організації. Пошук чутливих ланок патологічного процесу та молекулярних мішеней, вплив на які дозволяє зупинити патологічний процес. Моделювання структури молекул-мішеней для розробки хімічних сполук, що пригнічують або активують роботу таргетних молекулярних конструкцій. Моде-</p>	2		

<p>лювання метаболізму при зміні активності молекулярних мішеней, оцінка ефективності фармакологічної дії сполук і прогнозування побічної дії. Моделювання фармакокінетики і фармакодинаміки потенційно перспективних препаратів. Розробка оптимальної експериментальної схеми доклінічних досліджень і експериментальна перевірка теоретичних гіпотез.</p> <p>Визначення старіння. Старіння як загальнобіологічний феномен. Фундаментальні причини старіння: запрограмована смерть - феноптоз, пошкодження, виснаження і втрата функціональних елементів, порушення системної організації функцій. Головні типи і механізми старіння. Кількісний підхід і моделювання до процесів старіння. Можливі шляхи впливу на механізми старіння з метою його стримування. Чи можливо безсмертя?</p>			
<p><b>Лекція 9. Системна біологія і теорія походження життя. Синтетична біологія. Системна біологія, астробіологія, соціобіологія, геополітика, футуристика.</b> Сучасні уявлення про самозародження життя. Хімічна конституція всесвіту. Абіогенний синтез біологічно важливих речовин. Фізико-хімічні передумови виникнення життя. Математичні моделі найпростіших протобіологічних систем. Теорія гіперциклів Ейгена. Головні невирішені проблеми в теорії самозародження життя.</p> <p>Синтетична біологія: сучасність і майбутнє. Синтетична клітина. Синтетичні неприродні білки. Організми-кіборги.</p> <p>Людська цивілізація як особлива соціобіологічна планетарна форма життя. Біосфера, антропосфера, техносфера, ноосфера Що чекає людство на планеті Земля? Термодинамічний «Апокаліпсис» на Землі чи життя в Космосі? Чи є життя на інших планетах? Астробіологія і біологія екстремофілів. Що ми шукаємо на Марсі та інших планетах? Чи може людина подорожувати у космосі тривалий час? Якою буде людина у далекому майбутньому?</p>	2		
<p><b>Практична робота 2. Системний підхід у вирішенні теоретичних, методологічних і експериментальних задач за темами дисертаційних досліджень.</b></p>		2	
<p><b>Самостійна робота.</b> Системна біологія і проблема індивідуального лікування хворих на рак на прикладі сучасних досягнень. Розробка оптимальної експериментальної схеми доклінічних досліджень і експериментальна перевірка теоретичних гіпотез.</p> <p>Кількісний підхід і моделювання до процесів старіння. Можливі шляхи впливу на механізми старіння з метою його стримування. Чи можливо безсмертя?</p> <p>Теорія гіперциклів Ейгена. Головні невирішені проблеми в теорії самозародження життя. Синтетична біологія: сучасність і майбутнє.</p> <p>Синтетична клітина. Синтетичні неприродні білки. Організми-кіборги.</p> <p>Чи може людина подорожувати у космосі тривалий</p>			16

	час? Якою буде людина у далекому майбутньому?			
8	<b>ВСЬОГО</b>	<b>18</b>	<b>4</b>	<b>96</b>

**Загальний обсяг 120 год.**, в тому числі:

Лекції - **18**

Практичні заняття – **4 год.**

Консультації – **2 год.**

Самостійна робота – **96 год.**

### **9. Рекомендовані джерела:**

Основна: (Базова)

1. Handbook of Systems Biology: Concepts and Insights. Edited by A.J. Marian Walhout, Marc Vidal and Job Dekker - Academic Press, Elsevier, 2013. – 552 p.
2. Andriani Daskalaki Handbook of Research on Systems Biology Applications in Medicine. - IGI Global, 2008. – 982 p.
3. Limin Angela Liu , Dongqing Wei, Yixue Li and Huimin Lei Handbook of Research on Computational and Systems Biology: Interdisciplinary Applications. - IGI Global, 2011. – 776 p.
4. М.Эйген, П.Шустер. "Гиперцикл. Принципы самоорганизации макромолекул", Изд-во "Мир", М., 1982, 270 стр.
5. Е . А. Николайчик РЕГУЛЯЦИЯ МЕТАБОЛИЗМА. – Минск, 2002. – 88 с.
6. A.S. Mikhailov, B.Hess Self-Organization in Living Cells: Networks of Protein Machines and Nonequilibrium Soft . – Journal of Biological Physics, 200, 228. – pp. 655–672.
7. С. Ивахно, А. Корнелюк КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ПРОТЕОМИКА И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ В СИСТЕМНОЙ БИОЛОГИИ // БИОХИМИЯ, 2006, том 71, вып. 10, с. 1312 – 1327.

Додаткова:

1. В.Ф. Чехун От системной биологии рака до методологии персонализированного лечения // Онкология. – 2012. - № 2. – С. 83-88.
2. PeterJ.K.vanMeer , MelanieL.Graham , Henk-JanSchoorman The safety, efficacy and regulatory triangle in drug development: Impact for animal models and the use of animals. – European Journal of Pharmacology. – 759 (2015). – PP. 3 – 13.
3. Lynn J. Rothschild & Rocco L. Mancinelli Life in extreme environments. – NATURE, VOL 409, 22 FEBRUARY, 2001. – pp. 1092-1101.
4. Т.Г. Рукша, М.Б. Аксененко, Е.Ю. Сергеева, Ю.А. Фелелова Меланома кожи: от системной биологии к персонифицированной терапии // Вестник дерматологии и венерологии. – 2013. N 1. – pp. 4-8.
5. V.P. Zhdanov, B. Kasemo Synchronization of Metabolic Oscillations: Two Cells and Ensembles of Adsorbed Cells. - Journal of Biological Physics. – 2001, 27. - pp. 295–311.
6. ShaopingLinga, Zheng Hua, Zuyu Yang, Fang Yanga, Yawei Lia , Pei Lin et el. Extremely high genetic diversity in a single tumor points to prevalence of non-Darwinian cell evolution. - www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1519556112

7. А. Ю. Лоскутов, А. С. Михайлов ОСНОВЫ ТЕОРИИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ. – Москва-Ижевск, 2007. – 620 с.