

**УМАНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ПАВЛА ТИЧИНИ**

Кафедра біології та методики її навчання

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Завідувач кафедри

І.В. Красноштан

2019 року

І.В. Красноштан
“ 28 ” *серпня*

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ВВС3.04 Цитологія

(шифр і назва навчальної дисципліни)

Спеціальність	014.06 Середня освіта (Хімія)
Освітня програма	Середня освіта (Хімія)
Освітні ступінь	бакалавр
Факультет природничо- географічний	

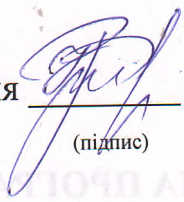
2019 – 2020 навчальний рік

Робоча програма навчальної дисципліни Цитологія для студентів спеціальності
014.06 Середня освіта (Хімія) освітнього ступеня «бакалавр»

Розробники: кандидат біологічних наук, доцент кафедри біології та методики її
навчання С. Л. Грабовська

Робочу програму схвалено на засіданні кафедри біології та методики її навчання

Протокол № 1 від “28” серпня 2019 року

Завідувач кафедри біології та методики її навчання  (Красноштан І. В.)

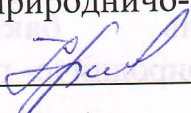
(підпис)

(прізвище та ініціали)

Робочу програму розглянуто та затверджено на засіданні науково-методичної
комісії природничо-географічного факультету

Протокол № 1 від “29” серпня 2019 року

Голова науково-методичної комісії природничо-географічного факультету


_____ (Грабовська С. Л.)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітній ступінь	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 5	Галузь знань 01 Освіта/Педагогіка (шифр і назва)	Вибіркова	
Модулів – 2	Спеціальність: 014 Середня освіта (Хімія)	Рік підготовки	
Змістових модулів – 3		2,3-й	
		Семестр	
		4,5-й	
Загальна кількість годин – 150		Лекції	
Тижневих годин для денної форми навчання: 2 аудиторних – 76 самостійної роботи студентів – 74	Освітній ступінь: <u>бакалавр</u>	32 год.	
		Практичні, семінарські	
		год.	
		Лабораторні	
		44 год.	
		Самостійна робота	
		74 год.	
		Вид контролю:	
<u>екзамен</u>			

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить (%):

для денної форми навчання – 51 % / 49 %

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета курсу: формування у студентів поняття про клітину як цілісну систему, в якій існують складні зв'язки між окремими компонентами, що забезпечують метаболізм та відтворення клітини.

Завдання курсу: пізнання студентами закономірностей структурно-функціональної організації поверхневого апарату, цитоплазми та ядра, життєвого циклу клітини; збагачення знань студентів новими науковими даними про клітину та методи її вивчення.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми Здобувач вищої освіти повинні володіти **компетентностями**:

ЗК Здатність до критичного осмислення проблем у навчанні, власної професійній діяльності та на межі предметних галузей.

ЗК Володіння методами наукового дослідження та вміння їх застосовувати на практиці.

ЗК Здатність до прийняття обґрунтованих рішень у складних і непередбачуваних умовах, що потребує застосування нових підходів та прогнозування.

ФК Здатність виконувати дослідження з біологічних дисциплін, дотримуючись правил техніки безпеки, описувати, аналізувати, оцінювати експериментальні результати та вміти їх інтерпретувати.

Очікувані результати навчання

У результаті вивчення навчальної дисципліни «**Цитологія**» здобувачі вищої освіти повинні оволодіти здатністю до самостійної пізнавальної діяльності з набування знань, умінь і навичок у пізнанні біологічної науки та вміннями використовувати знання про клітину під час освітнього процесу у закладах загальної середньої освіти.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати: основні методи дослідження будови клітин; структуру, хімічний склад та функції складових поверхневого апарату клітин; хімічний склад, молекулярної організації та фізико-хімічних властивостей гіалоплазми; морфологічні особливості будови та функцій немембранних, одно-та двомембранних органел; функції та будову клітинних ядер, морфологію та молекулярну організацію хромосом, механізми поділу клітин.

вміти: використовувати загальноприйняті методи оптичної мікроскопії; описувати морфологію клітинних структур, впізнавати їх на електронних фотографіях та мікропрепаратах; пов'язувати особливості будови клітинних структур із їх функціями.

ПРОГРАМНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

ПРН Вміти виявляти особливості структурно-функціональної організації різних клітин, їх морфологічні особливості будови та функцій немембранних, одна та двомембранних органел; проводити їх ідентифікацію, визначати їх види.

3. Мова навчання:

Мова навчання: українська

4. Програма навчальної дисципліни Змістовий модуль 1.

Структурно-функціональна організація поверхневого апарату та цитоплазми.

Тема 1. Вступ. Предмет загальної цитології. Цілі та задачі курсу. Клітина – елементарна одиниця живого. Історичний нарис розвитку цитології. Розробка мікроскопічної техніки. Клітинна теорія. Методи дослідження клітин. Світлова і електронна мікроскопія, збільшення і роздільна здатність мікроскопу. Види світлової мікроскопії. Цитохімічні методи дослідження. Протокова цитометрія. Метод авторадіографії. Прижиттєве дослідження клітин. Вітальне забарвлення. Культура клітин. Будова та функції клітин. Клітини прокариот та еукариот. Загальний план будови клітин. Розмір та форма клітин.

Тема 2. Поверхневий апарат клітини. Хімічний склад та молекулярна організація плазматичної мембрани. Надмембранні структури поверхневого апарату клітини. Глікокалікс тваринних клітин. Будова клітинної оболонки рослин. Субмембранні структури цитоплазми, будова кортикального шару. Утворення міжклітинних контактів, їх типи та функціональне значення. Функції поверхневого апарату клітин: проникність та різні види транспорту. Рецепторні функції мембрани.

Тема 3. Цитоплазма. Вакуолярна система клітини. Ендоплазматичний ретикулум. Гранулярна ендоплазматична сітка. Рибосоми, будова та хімічний склад. Синтез білків. Гладка ендоплазматична сітка, будова та локалізація. Участь в синтезі тригліцеридів, стероїдів. Специфічні функції гладкої ендоплазматичної сітки –детоксикація, накопичення іонів. Апарат Гольджі. Хімічний склад мембран апарату Гольджі, його компартменталізація у зв'язку з локалізацією ферментних систем, функції апарату Гольджі. Участь в утворенні лізосом, поверхневого апарату клітин та інших вакуолярних структур спеціалізованих клітин. Біогенез апарату Гольджі. Лізосоми. Класифікація лізосом. Властивості лізосомних ферментів. Біогенез лізосом. Механізм аутофагії. Участь лізосом в процесі клітинного травлення. Пероксисоми. Ферменти пероксисом. Біологічна роль пероксисом. Морфологічна та функціональна єдність компонентів вакуолярної системи, їх філогенез. Органоїди енергетичного обміну. Мітохондрії. Будова, форма, розмір, кількість та локалізація в клітині. Хімічний склад та молекулярна організація зовнішніх мітохондріальних мембран, крист, матриксу. Їх роль в синтезі та накопиченні АТФ в клітині. ДНК мітохондрій, синтез білку. Пластиди. Структура, хімічний склад. Фотосинтез. ДНК хлоропластів, біосинтез білку. Біогенез хлоропластів. Схожий план будови мітохондрій та пластид, функціональна єдність. Цитоскелет. Мікрофіламенти. Їх хімічний склад, локалізація. Взаємодія з плазматичною мембраною та органοїдами клітини. Утворення псевдоподій. Мікрроворсинки. Актomioзинові комплекси нем'язових і м'язових клітин. Механізм м'язового скорочення. Мікротрубочки. Хімічний склад

та будова. Будова центріолей, їх функції та відтворення. Загальний план будови базальних тілець, війок, джгутиків. Аксонема. Рух клітини за рахунок війок і джгутиків. Будова і рух джгутика бактерій. Мікротрубочки веретена поділу. Проміжні філаменти. Роль цитоскелету у секреторному процесі. Гіалоплазма. Склад, функції. Мікротрабекулярна сітка гіалоплазми .Включення. Клітинні включення, їх локалізація, хімічний склад та функціональне значення.

Змістовий модуль 2.

Структурні компоненти ядра та життєвий цикл клітини.

Тема 1. Ядро. Біологічне значення ядерного апарату. Основні функції ядра: реплікація, транскрипція, розподіл генетичного матеріалу. Потік інформації у клітині. Центральна догма молекулярної біології. Основні компоненти інтерфазного ядра: поверхневий апарат, каріоплазма, матрикс, хроматин (хромосоми), ядерце. Проникність ядерної оболонки. Ядерні пори. Хроматин, хімічна характеристика. Активний (дифузний) та неактивний (конденсований) хроматин. Гетерохроматин, конститутивний та факультативний. Ультраструктура хроматину, суперспіралізація та петлеутворення ДНК. Хромосоми клітини, що ділиться. Загальна структура хромосом. Типи хромосом. Уявлення про каріотип. Ядерце –продукт транскрипційної активності ядерцевого організатору хромосом. Кількість ядерць в ядрі. Хімічний склад ядерць. Структура ядерця, гранулярний та фібрилярний компоненти.

Тема 2. Відтворення клітини. Клітинний цикл: передсинтетичний період, період синтезу, постсинтетичний період та мітоз. Структурно-біохімічні зміни клітини в кожному періоді інтерфази. Мітоз. Загальна схема морфологічних змін в клітині. Стадії мітозу, їх тривалість, характеристика. Цитокінез. Метаболізм клітини, що ділиться, регуляція мітозу. Порушення мітозу. Політенні хромосоми. Поліплоїдні клітини. Мейоз. Стадії мейозу. Хромосоми типу лампових щіток. Регуляція клітинного циклу.

Тема 3. Диференціювання клітин. Роль ядра та цитоплазми в диференціюванні клітин. Фактори регулювання цього процесу. Старіння клітин. Загибельклітин. Апоптоз, некроз

5. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин												
	денна форма						заочна форма						
	усього	у тому числі					усього	у тому числі					
		л	п	лаб.	інд.	с. р.		л	п	лаб.	інд.	с. р.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Модуль 1													
Змістовий модуль 1. Структурно-функціональна організація поверхневого апарату та цитоплазми.													
Тема 1. Вступ.	12	2		4		6							
Тема 2. Поверхневий	24	4		8		12							

апарат клітини.												
Тема 3. Цитоплазма.	34	10		12		12						
Разом за змістовим модулем 1	70	16		24		30						
Змістовий модуль 2. Структурні компоненти ядра та життєвий цикл клітини.												
Тема 1. Ядро.	20	4		8		8						
Тема 2. Відтворення клітини.	28	8		12		8						
Тема 3. Диференціювання клітин.	12	4		–		8						
Разом за змістовим модулем 2	60	16		20		24						
Усього годин	130	32		44		54						
Модуль 2												
ІНДЗ	20		-	-	20	-						
Усього годин	150	32		44	20	54						

6. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Методи дослідження клітин. Світлова та електронна мікроскопія.	4
2	Цитохімічні методи. Вітальне забарвлення	4
3	Одномембранні органели. Включення в тваринній клітині. Двомембранні органели: мітохондрії, пластиди.	16
4	Морфологія та ультраструктура ядра. Хромосоми. Морфологія метафазних хромосом. Структура політенних хромосом дрозофіли.	8
5	Мітоз. Визначення стадій мітозу.	6
6	Мейоз. Визначення стадій мейозу. Морфологія статевих клітин.	6
	Разом	44

7. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
-------	------------	-----------------

1	Структурно-функціональна організація поверхневого апарату та цитоплазми.	30
2	Структурні компоненти ядра та життєвий цикл клітини	24
	Разом	54

8. Індивідуальні завдання

Індивідуальне навчально-дослідне завдання (ІНДЗ) з курсу «**Цитологія**» – це вид науково-дослідної роботи студента, яка містить результати дослідницького пошуку, відображає певний рівень його навчальної компетентності.

Мета ІНДЗ: самостійне вивчення частини програмового матеріалу, систематизація, узагальнення, закріплення та практичне застосування знань із навчального курсу, удосконалення навичок самостійної навчально-пізнавальної діяльності.

Орієнтовна структура ІНДЗ - наукове дослідження у вигляді реферату: вступ, основна частина, висновки, додатки (якщо вони є), список використаних джерел.

З історії розвитку цитології. Перші відомості про мікроскопічні об'єкти. Роберт Гук. Антоні ван Левенгук. Початкові етапи розвитку клітинної теорії. Матіас Шлейден, Теодор Шванн. Завершення формування клітинної теорії Рудольфом Вірховим. Розвиток вчення про клітину на кінці ХІХ —початку ХХ ст. Розвиток цитології у другій половині ХХ ст. Перспективи розвитку цитології.

Методи цитологічних досліджень. Будова світлового мікроскопа. Правила роботи зі світловим мікроскопом. Типи мікроскопів: фазово-контрастний, темнопольний, поляризаційний, порівняльний, люмінесцентний. Будова електронного мікроскопа. Види електронних мікроскопів. Підготовка матеріалу для електронної мікроскопії. Електронограми.

Методи вивчення хімічного складу клітин. Гістохімія. Імуногістохімія. Авторадіографія. Методи диференційного центрифугування. Технологія рекомбінантних ДНК. Цитофотометрія.

Поверхневий апарат клітини. Сучасні уявлення про будову біологічних мембран. Хімічний склад плазмолем. Ліпіди, білки, вуглеводи мембран та їх розташування. Функції біологічних мембран.

Транспорт речовин крізь біомембрани. Поняття про градієнти речовин. Активний та пасивний транспорт. Полегшена дифузія, канали, насоси. Ци-този.

Міжклітинна сигналізація. Клітинні контакти, їх будова та функції. Молекули міжклітинного пізнавання та адгезії. Адгезія до субстрату.

Рецепторна функція мембран. Гормони та гормоноподібні речовини. Будова мембранних рецепторів. Системи передачі сигналу. Вторинні месенжери.

Мембрани та процеси передачі сигналу. Формула Нернста. Потенціал дії. Електричні та хімічні синапси.

Цитозоль. Включення. Хімічний склад та функції цитозолу. Фізико-хімічні властивості цитозолу. Буферна функція цитозолу. Включення, їх класифікація та функції.

Трансляція. Посттрансляційна модифікація білків. Синтез білка на вільних рибосомах. «Білки хатнього господарства». Фосфорилування білків. Фолдінг білка. Шаперони. Білки теплового шоку. Пріони.

Актин, його значення у життєдіяльності клітини. Будова мікрофіламентів. Глобулярний та фібрилярний актин. «Золь — гель» переходи, їхня регуляція. Мікрворсинки. Фокальні контакти та зона злипання. Кортикальний шар.

Мікротрубочки та клітинний центр. Будова мікротрубочок. Транспортні системи клітини. Тредмілінг. Білки-мотори. Війки та джгутики. Центріолі.

Система проміжних філаментів. Хімічний склад проміжних філаментів. Тканинна специфічність хімічного складу проміжних філаментів. Збирання та розбирання проміжних філаментів, їхні функції.

Загальні принципи організації цитоскелета. Організація цитоскелета в інтерфазній клітині. Зв'язок між цитоскелетом та поверхневим апаратом клітини. Рух клітини. Будова саркомера. Механізм м'язового скорочення.

Гладенька та гранулярна ендоплазматична сітка. Функції гладенької ЕПС. Синтез ліпідів. Синтез вуглеводів. Депонування кальцію. Синтез білків на гранулярній ЕПС. ВІР та дисульфідізомераза. г4-глікозилювання пептидів. Перехідна ЕПС.

Апарат Гольджі. Компаратменталізація апарату Гольджі. Процеси, що відбуваються у цис-компаратменті. Процеси, що відбуваються у проміжному компартменті. Процеси, що відбуваються у транс-компаратменті. Транс-сітка Гольджі.

Везикулярний транспорт. Поняття про облямовані та необлямовані пухирці. Клатрин. Конститутивний та регульований екзоцитоз. Маркери компартментів.

Лізосоми. Класифікація лізосом. Біогенез та функції окремих типів лізосом. Ферменти лізосом. Лізосомні хвороби накопичення. Потік мембран у вакуолярній системі.

Пероксисоми. Біогенез пероксисом. Ферменти пероксисом. Детоксикація. Фотодихання. Гліоксилатний цикл. Еволюція пероксисом.

Мітохондрії. Енергетичний обмін у клітині. Теорія ендосимбіозу. Будова мітохондрії. Особливості хімічного складу компартментів та мембран мітохондрії. Гліколіз. Цикл Кребса. Окислювальне фосфорилування.

Хлоропласти. Фотосинтетична функція хлоропластів. Множинні ендосимбіози. Порівняльна характеристика мітохондрій та хлоропластів. Світлова та темнова фази фотосинтезу. Еволюція електронтранспортних систем.

Загальна характеристика ядра. Розвиток уявлень про будову та функції ядра. Метод мікрохірургії. Пересаджування ядер. Функції ядра. Каріоплазма.

Поверхневий апарат ядра. Каріоскелет. Порівняльна характеристика зовнішньої та внутрішньої мембран ядра. Перинуклеїновий простір. Порові комплекси. Ядерна ламіна, її будова та функції. Значення ядерної ламіни для функціонування ядра. Ядерний матрикс. Тінь ядерця.

Хроматин. Функціонування хроматину. Рівні компактизації ДНК. Гістони та негістонові білки. Еу-та гетерохроматин. Статевий хроматин. Реплікація та репарація ДНК. Транскрипція. Процесинг РНК. Інтрони та екзони. Сплайсинг.

Альтернативний сплайсинг та його значення. Транспортдозрілих РНК до цитоплазми.

Механізми регуляції експресії генів у еукаріот. Роль ядерного матриксу танегістонових білків у регуляції активності генів. Мобільні генетичні елементи. Метилування ДНК. Рестриктази.

Ядерце. Структура та функції ядерця. Збирання рибосом. Транспорт рибосом до цитоплазми.

Клітинний цикл. Мітоз. Фази клітинного циклу. Характеристика С0С1, 8 та Ст2 періодів. Регуляція клітинного циклу. Основні фази мітозу. Механізми руху хромосом під час мітозу. Цитокінез у клітинах рослин та тварин. Типи мітотичного поділу.

Мейоз. Порівняльна характеристика мітозу та мейозу. Редукційний та екваційний поділи мейозу. Профаза I мейозу, її стадії та значення. Еволюція типів статевого розмноження. Біологічне значення статевого розмноження. Поняття про тканини. Клітини та міжклітинна речовина. Структура та хімічний склад міжклітинної речовини. Контактне інгібування росту та розмноження клітин.

Стовбурові клітини. Поняття про тотіпотентність, детермінацію, диференціацію клітин. Стовбурові та поліпотентні клітини. Перспективи використання стовбурових клітин у медицині.

Клітинні механізми розвитку хвороб. Дистрофії, їхні типи та механізми розвитку. Клітинні механізми розвитку інших хвороб.

9. Методи навчання

I. Методи організації та здійснення навчально-пізнавальної діяльності

1) За джерелом інформації:

- *Словесні*: лекція (традиційна, проблемна, лекція-прес-конференція) із застосуванням комп'ютерних інформаційних технологій (PowerPoint - Презентація), семінари, пояснення, розповідь, бесіда.

- *Наочні*: спостереження, ілюстрація, демонстрація.

- *Практичні*: *вправи*.

2) За логікою передачі і сприймання навчальної інформації: індуктивні, дедуктивні, аналітичні, синтетичні.

3) За ступенем самостійності мислення: репродуктивні, пошукові, дослідницькі.

4) За ступенем керування навчальною діяльністю: під керівництвом викладача;

самостійна робота студентів: з книгою; виконання індивідуальних навчальних проєктів.

II. Методи стимулювання інтересу до навчання і мотивації навчально-пізнавальної діяльності:

1) Методи стимулювання інтересу до навчання: навчальні дискусії; створення ситуації пізнавальної новизни; створення ситуацій зацікавленості (метод цікавих аналогій тощо).

10. Методи контролю

Методи усного контролю і самоконтролю (індивідуальне, фронтальне

опитування, залік).

Методи письмового контролю і самоконтролю (контрольна письмова робота, розв'язування задач).

Методи лабораторно-практичного контролю і самоконтролю (оформлення звіту з лабораторної роботи, оцінювання індивідуального навчально-дослідного завдання).

11. Критерії оцінювання результатів навчання

Контроль навчальної діяльності з дисципліни «Цитологія» здійснюється за допомогою системи оцінювання за 100-бальною шкалою.

Поточний контроль передбачає проведення лабораторних занять в аудиторії та оцінювання їх виконання. Під час лабораторних занять проводиться оцінка роботи студентів за 10-ти бальною шкалою за кожне лабораторне заняття:

10 балів – правильна повна відповідь на поставлені контрольні питання, наявність оформленого звіту з лабораторної роботи;

4 бали – відсутність відповідей на контрольні питання або вони є неправильними, наявність оформленої лабораторної роботи.

Критерії оцінювання ІНДЗ

№ п/п	Критерії оцінювання роботи	Максимальна кількість балів за кожним
1.	Обґрунтування актуальності, формулювання мети, завдань та визначення методів дослідження	2
2.	Складання плану реферату	1
3.	Критичний аналіз суті та змісту першоджерел. Виклад фактів, ідей, результатів досліджень в логічній послідовності. Аналіз сучасного стану дослідження проблеми, розгляд тенденцій подальшого розвитку даного питання.	10
4.	Дотримання правил реферуванням наукових публікацій	1
5.	Доказовість висновків, обґрунтованість власної позиції, пропозиції щодо розв'язання проблеми, визначення перспектив дослідження	5
6.	Дотримання вимог щодо технічного оформлення структурних елементів роботи (титульний аркуш, план, вступ, основна частина, висновки, додатки (якщо вони є), список використаних джерел)	1
Разом		20

12. Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти

Модуль 1 Поточне тестування та самостійна робота						Модуль 2 ІНДЗ	ПТ	Сума
Змістовий модуль 1			Змістовий модуль 2			20	20	100
30			40					
Т 1	Т 2	Т 3	Т 1	Т 2	Т 3			
10	10	10	10	10	10			

Шкала оцінювання: національна та ЄКТС

Сума балів за 100-бальною шкалою	Оцінка в ECTS	Значення оцінки ECTS	Рівень компетентості	Оцінка за національною шкалою	
				екзамен	залік
90-100	A	відмінно	Високий (творчий)	відмінно	зараховано
82-89	B	дуже добре	Достатній (конструктивно-варіативний)	добре	
75-81	C	добре			
69-74	D	задовільно	Середній (репродуктивний)	задовільно	
60-68	E	достатньо			
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання семестрового контролю	Низький (рецептивно-продуктивний)	незадовільно	не зараховано
1-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням залікового кредиту			

13. Методичне забезпечення

1. Інтерактивний комплекс навчально-методичного забезпечення дисципліни (ІКНМЗД).
2. Нормативні документи; ілюстративні матеріали.
3. Мультимедійні засоби (електронні підручники, словники, відео-матеріали; ресурси Інтернету).
4. Пакет тестових завдань для модульного та підсумкового контролю.
5. Система дистанційного навчання «Moodle».

14. Рекомендована література

Основна

1. Ченцов Ю.С. Введение в клеточную биологию. М.: ИЦК Академии ВШ, 2004. 392с.
2. Биология клетки / Под ред. А.Ф.Никитина. СПб: Спецлит, 2014. 166с.
3. Клетки / Под ред. Б.Льюина и др. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. 951с.

4. Волков К.С., Пасечко Н.В. Ультраструктура клітин і тканин (навчальний посібник-атлас з цитології і загальної гістології). Тернопіль: Укрмедкнига, 1997. 95с.

5. Трускавецький Є.С. Цитологія: підручник для вузів. Київ: Вища школа, 2004. 254с.

Допоміжна

1. Держинський М.Е., Скрипник Н.В., Островська Г.В. та ін. Загальна цитологія і гістологія: підручник. К.: «Київський університет», 2010. 570с.

2. Албертс Б., Джонсон А., Льюїс Д. и др. Молекулярная биология клетки. В 3-х т. М.–Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2013. Т.1 –773 с. Т.2 –775–1736 с. Т.3. –1739–2764 с.

3. Степаненко О.Ю. Гістологія, цитологія та ембріологія. Атлас: навчальний посібник. ВСВ «Медицина», 2017. 152 с. 10.

Інформаційні ресурси

1. <https://www.edx.org/learn/cellular-biology>

2. http://www.openculture.com/biology_free_courses

3. <https://www.wehi.edu.au/wehi-tv/animation>

4. <https://alison.com/tag/biology>