

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ МИХАЙЛА ОСТРОГРАДСЬКОГО



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ЩОДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ
З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«ОСНОВИ ФІЗИКО-ХІМІЧНОЇ БІОЛОГІЇ»
ДЛЯ СТУДЕНТІВ ДЕННОЇ ФОРМИ НАВЧАННЯ
ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНА ПРОГРАМА
«ЕКОЛОГІЧНА БІОТЕХНОЛОГІЯ ТА БІОЕНЕРГЕТИКА»
СПЕЦІАЛЬНІСТЬ 101 – «ЕКОЛОГІЯ»
ГАЛУЗЬ ЗНАНЬ 10 «ПРИРОДНИЧІ НАУКИ»

КРЕМЕНЧУК 2018

Методичні вказівки щодо самостійної роботи з навчальної дисципліни «Основи фізико-хімічної біології» для студентів денної форми навчання за освітньо-професійною програмою «Екологічна біотехнологія та біоенергетика» спеціальності 101 – «Екологія» галузі знань 10 «Природничі науки»

Укладачі: д. б. н., проф. В. В. Никифоров,
старш. викл. О. О. Никифорова

Рецензент к. б. н., доц. А. В. Пасенко

Кафедра біотехнологій та біоінженерії

Затверджено методичною радою Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського

Протокол №__ від_____ 2018 р.

Голова методичної ради

проф. В. В. Костін

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Навчальні елементи навчальної дисципліни.....	6
2 Теми та погодинний розклад лекцій, практичних занять і самостійної роботи.....	20
3 Перелік тем і питань для самостійного опрацювання.....	21
4 Питання до іспиту.....	32
5 Критерії оцінювання знань студентів	43
Список літератури.....	46

ВСТУП

Предметом вивчення навчальної дисципліни «Основи фізико-хімічної біології» є питання, які стосуються, молекулярних основ та механізмів спадковості. Крім того, найважливіші питання, такі, як структура білкових молекул, нуклеїнові кислоти, особливості процесів транскрипції і трансляції, структура рибосом, загальні особливості реплікації ДНК тощо.

Метою дисципліни є систематичне уявлення про молекулярні основи життєдіяльності вірусних часток, клітин про- та еукаріот, генетичної ролі нуклеїнових кислот (ДНК та РНК), функціонування та побудови геному та пов'язаних з ним структур та молекул, насамперед білків, які виконують структурну та ферментативну функцію по відношенню до генома, про процеси та механізми реалізації генетичної інформації.

Завдання курсу – розглянути особливості:

- молекулярної структури, фізико-хімічних та біологічних властивостей нуклеїнових кислот – ДНК та РНК;
- молекулярної структури білків, їх конформацій та ролі у підтриманні функціонального стану геному;
- принципів функціонування генетичного коду;
- механізму реплікації ДНК за участю різноманітних ферментних систем;
- улаштування геномів вірусів, про- і еукаріот;
- тонкої структури генів та особливостей їх експресії у еукаріот та прокаріот;
- мобільних елементів геному та їх ролі у еволюції живих істот;
- механізмів біосинтезу білка та його регуляції на транскрипційному й трансляційному рівнях;
- молекулярних механізмів рекомбінації;
- репаративних процесів;
- принципів конструювання рекомбінантних ДНК;
- інформаційно-аналітичних методів, що використовуються в

молекулярній біології;

– сучасних методів визначення первинної структури нуклеїнових кислот та білків.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен **знати:**

– особливості молекулярної структури, фізико-хімічних та біологічних властивостей нуклеїнових кислот і білків;

– особливості будови геномів вірусів, про- і еукаріот;

– механізм реплікації ДНК у організмів різних рівнів організації

– структуру генів та особливості їх експресії

– принципи кодування генетичної інформації

– механізми біосинтезу, структуру та функціонування білків;

– мобільні елементи геному та їх ролі у еволюції живих істот;

– методи дослідження послідовності амінокислот у білках та нуклеотидів у ДНК та РНК;

– методи оперування нуклеїновими кислотами з метою отримання генетично модифікованих істот.

Уміти:

– аналізувати механізми біосинтезу білка та його регуляції;

– визначати молекулярні механізми рекомбінації;

– використовувати інформаційно-аналітичні методи, що застосовуються в молекулярній біології для аналізу геномів та генетичних послідовностей;

– застосовувати сучасні методи визначення первинної структури нуклеїнових кислот та білків;

– здійснювати вибір оптимального методу генетичної трансформації живих істот.

Самостійна робота студентів з дисципліни «Основи фізико-хімічної біології» передбачає роботу над підручниками, опрацювання лекційного матеріалу, ознайомлення з фаховою літературою, підготовку рефератів, участь у науково-дослідній роботі, виступи на наукових конференціях. Самостійна робота спрямована на засвоєння матеріалу, передбаченого програмою курсу.

1 НАВЧАЛЬНІ ЕЛЕМЕНТИ ДИСЦИПЛІНИ

Адитивна взаємодія генів (полімерія, полігенія) – тип взаємодії генів, при якому ступень розвитку кількісної ознаки визначається впливом декількох неалельних генів, дія яких шумується в ознаці (полімерні гени, або полігени).

Алель – альтернативна форма гена, що визначає його прояв у фенотипі.

Альтернативний сплайсинг – форма сплайсингу, що забезпечує кодування одним геном різних кінцевих продуктів, що визначається специфікою тканини.

Амплікон – поза хромосомна одиниця ампліфікації.

Ампліфікація – збільшення кількості копій ДНК.

Анеуплоїдія – спадкова зміна, при якій число хромосом в клітинах не кратно основному набору.

Антикодон – специфічний триплет нуклеотидів, взаємодіючий комплементарно з кодоном м-РНК.

Апуриновий сайт (АП-сайт) – ділянка ДНК, позбавлена а. п.

Аутосома – хромосома, яка гомологічна іншій. Будь-яка нестатева хромосома.

Білки високої рухомості (НМГ-білки) – структурні та регуляторні білки, які постійно асоційовані з хроматином.

Біоінформатика – сукупність методів і підходів, що включають в себе: математичні методи комп'ютерного аналізу в порівняльній геноміці (геномна біоінформатика); розробку алгоритмів і програм для передбачення просторової структури білків (структурна біоінформатика); дослідження стратегій, відповідних обчислювальних методологій, а також загальне управління інформаційної складності біологічних систем.

Біосинтез білка – складний багатостадійний процес синтезу поліпептидного ланцюга з амінокислотних залишків, що відбувається на рибосомах клітин живих організмів за участю молекул м- і т-РНК.

Відкрита рамка зчитування інтервал між старт- і стоп-кодонами.

Гамета – зріла статеві клітина.

Гаплогрупа – велика група схожих гаплотипів, які є рядом алелей в певних локусах Y-хромосоми і мт-ДНК.

Гаплоїд – організм або клітина з одинарним набором генів або хромосом.

Гаплотип (гаплоїдний генотип) – комбінація алелей генів на одній хромосомі.

Ген – сукупність геномних послідовностей, що кодують зчеплений набір потенційно перекриваючихся функціональних продуктів.

Ген-кандидат – ген в геномі людини, мутація в якому імовірно є причиною конкретної спадкової хвороби.

Ген-регулятор – ген, кодуючий регуляторний білок, активуючий або пригнічуючий транскрипцію інших генів.

Ген-модифікатор – ген, що не має власного прояву у фенотипі, але надає послабляючий або підсилюючий вплив на експресію інших генів.

Генетика (грец. γενητικός – той, що породжує, що походить від когось) – наука, що вивчає закономірності спадковості і мінливості.

Генетична інженерія (генна інженерія) – сукупність прийомів, методів і технологій екстракції генів з організму (клітин) і здійснення з ними різноманітних маніпуляцій.

Генетичне картування – сукупність підходів і методів, за допомогою яких можна кожен ген віднести до певної хромосоми, тобто скласти генетичну карту організму.

Генетичний аналіз – сукупність методів дослідження спадкових властивостей організму (його генотипу).

Генетичний (геномний, батьківський) імпринтинг – залежність експресуємості гену від того, яким з батьків він переданий.

Генетичний код – система запису спадкової інформації в послідовності нуклеотидів, при якому кожним трьом нуклеотидам (триплетам) відповідає одна молекула амінокислоти.

Генетичний маркер – ділянка ДНК з відомою локалізацією.

Генетичний паспорт – документ, який містить індивідуальну базу ДНК-даних, що відображають унікальні генетичні особливості кожної окремої людини, його схильність до розвитку і прояву фізичних і психічних здібностей, а також спадкових та мультифакторіальних захворювань.

Генний допінг – не терапевтичне застосування генів, генетичних елементів або модуляторів генної експресії, що мають здатність підвищувати спортивні результати.

Генна терапія (генотерапія) – сукупність генно-інженерних (біотехнологічних) і медичних методів, спрямованих на внесення змін в генетичний апарат соматичних клітин людини з метою лікування певних захворювань.

Генні хвороби – велика група захворювань, що виникають в результаті пошкодження ДНК на рівні гена.

Геном – повна генетична система клітини, яка визначає характер онтогенетичного розвитку організму і спадкову передачу в ряді поколінь усіх його структурних і функціональних ознак.

Геноміка – наука, основним предметом вивчення якої є гени і геном живих організмів.

Генотип (грец. *genos* – рід, народження, походження + *typos* – відбиток, зразок, тип) – сукупність генів даного організму.

Генотипування – аналіз персональної генетичної структури людини.

Гетерозигота – клітина (або організм), який містить два різних алеля в конкретному локусі гомологічних хромосом.

Гетерозиготність – наявність різних алелей в диплоїдній клітині.

Гетерохроматин (конденсований хроматин) – щільно упакований хроматин.

Гібридизація – з'єднання *in vitro* комплементарних одно ланцюгових нуклеїнових кислот в одну молекулу.

Гістони – білки з молекулярною масою 11–21 кД., що містять багато

залишків амінокислот аргініну і лізину.

Гомодимери – сайт-специфічні білки.

Гомозигота – клітина (або організм), який містить два однакових алеля в конкретному локусі гомологічних хромосом.

Гомозиготність – наявність однакових алелей в диплоїдній клітині.

Гомологічні хромосоми – хромосоми, однакові за набором складаючих їх генів.

Дезоксирибонуклеотид – нуклеотид, в якому є пентози представлені дезоксирибозою.

Дезоксирибонуклеїнова кислота (ДНК) – нуклеїнова кислота, побудована з дезоксирибонуклеотидів.

Делеція – втрата ділянки хромосоми.

Диплоїд – організм або клітина з подвійним (диплоїдним) набором хромосом.

Диспермія – запліднення двома сперматозоїдами.

Діапазоном реакції – різниця між значеннями певного генотипу, що знаходиться в збідненому або збагаченому середовищі.

ДНК-дуплекс – молекула ДНК, яка має форму спіралі, що утворена двома полінуклеотидними ланцюгами, закрученими відносно один одного і навколо загальної осі.

Домен білка – елемент третинної структури білка, що представляє собою досить стабільну і незалежну підструктуру білка, чий фолдінг проходить незалежно від решти частин.

Дуплікація – подвоєння ділянки хромосоми, що містить гени.

Екзон – кодуюча послідовність нуклеотидів.

Екзонуклеаза – білок з групи нуклеаз, який відщеплює кінцевий мононуклеотид від полинуклеотидного ланцюга шляхом гідролізу фосфодієфірних зв'язків між нуклеотидами.

Експресія – процес, в ході якого спадкова інформація від гена перетворюється на функціональний продукт – РНК або білок.

Елементи відповіді (cis-елементи) – регуляторні послідовності ДНК, загальні для групи генів.

Елонгація – друга стадія реплікації, транскрипції і трансляції.

Ендонуклеаза – білок з групи нуклеаз, що розщеплює фосфодієфірні зв'язки в середині полинуклеотидного ланцюга.

Енхансер – ділянка ДНК, яка посилює процес транскрипції з найближчого до неї промотору.

Епігенетика – (грец. епі – над, вище, зовнішній) – галузь генетичної науки, яка вивчає закономірностей епігенетичного успадкування – зміни експресії генів або фенотипу клітини, викликаних механізмами, не порушують послідовності ДНК.

Епістаз – явище пригнічування дії одного гену іншим, неалельним йому геном.

Еухроматин (інтерхроматин) – нещільно упакований хроматин.

Здвиг рамки – мутація, в результаті якої вставляється або видаляється один нуклеотид і змінюється рамка зчитування.

Зигота – клітина, що утворюється в результаті злиття чоловічої та жіночої гамет при заплідненні.

Зчеплення генів – явище спільного (зчепленого) успадкування генів, які розташовані на одній хромосомі.

Зчеплення зі статтю – локалізація гена на одній зі статевих хромосом.

Ідіограма – візуальне подання повного хромосомного набору.

Інверсія – поворот окремої ділянки хромосоми на 180°.

Ініціація – перша стадія реплікації, транскрипції і трансляції.

Інсерція – вставка фрагментів ДНК.

Інсулятор – регуляторний елемент, які блокує взаємодію між енхансером і промотором, якщо знаходиться між ними.

Інтрон – некодуюча послідовність нуклеотидів, ділянка ДНК, яка розташована між екзонами.

Каріограма – візуальне подання повного каріотипу.

Каріотип – сукупність ознак (кількість, розміри, форма і т. д.) повного набору хромосом, притаманна клітинам даного біологічного виду (видовий каріотип), даного організму (індивідуальний каріотип) або лінії (клону) клітин.

Каріотипування – процес вивчення будови і кількості хромосом, і графічний запис результатів (визначення каріотипу).

Кеп – модифікований нуклеотид 7-метилгуанозин-5'-трифосфат присутній на 5'-кінці м-РНК.

Кінезіогенетика – галузь генетичної науки, яка вивчає гени відповідальні за розвиток і прояв фізичних здібностей людини.

Кінезіогеноміка – розділ геноміки, який вивчає вплив фізичного навантаження на експресію генів.

Кросинговер (перехрест) – процес обміну ділянками гомологічних хромосом під час кон'югації.

Кластер – група повторів одного і того ж або споріднених генів, розташованих поруч на хромосомі, що входять до складу мультигенного сімейства.

Кодони (кодуючі тринуклеотиди) – трійки нуклеотидів (триплети), що кодують включення однієї амінокислоти.

Комплементарність – суворя відповідність з'єднання а. п., що з'єднані водневими зв'язками, в якому: аденін з'єднується з тиміном, а гуанін – з цитозином.

Контрольний регіон (петля зсуву, або D-петля) – найбільш мінлива область мітохондріального геному.

Кон'югація – процес злиття гомологічних хромосом в профазі першого поділу мейозу.

Ліганд – молекула, що впізнається специфічною структурою, наприклад клітинним рецептором.

Лінкерна ДНК – ДНК, що зв'язує нуклеосомні частинки.

Локус – положення певного гена в хромосомі.

Мейоз (редукційний поділ клітини) – поділ ядра еукаріотичної клітини

із зменшенням числа хромосом в два рази. Відбувається в два етапи – редуційний і еквацийний етапи мейозу.

Метаболом – сукупність всіх метаболітів, які є кінцевим продуктом метаболізму в клітині, тканині, органі або організмі.

Метаболоміка – наука, що займається вивченням усіх метаболічних реакцій, які властиві даному виду організмів і відбуваються в нормальному стані, під контролем навколишнього середовища або генетичних модифікацій, а також при різного роду патологіях.

Мітоз (грец. mitos – нитка) (**каріокінез**) – непрямий поділ клітини. Найбільш поширений спосіб репродукції еукаріотичних клітин.

Молекулярна біологія – комплекс біологічних наук, які вивчають механізми зберігання, передачі та реалізації генетичної (спадкової) інформації, будову, властивості і функції нерегулярних біополімерів – білків і нуклеїнових кислот, а також молекулярних комплексів (молекулярних машин) на їх основі.

Молекулярна генетика – галузь генетичної науки, яка вивчає структури, що зберігають та формують генетичну інформацію (гени та інші структури, котрі беруть участь у генетичних процесах на субклітинному й молекулярному рівнях) та їх функціональні властивості. У центрі цієї науки лежить концепція генетичного коду, який первинно зумовлює такі ознаки живої матерії, як спадковість і мінливість.

Молекулярно-генетичний маркер (ДНК-маркер) – певний алель гена (або генотип, різноманітні комбінації алелей і генотипів), асоційований з розвитком і проявом певних фізичних якостей (рухових здатностей), антропометричними, композиційними, фізіологічними, біохімічними, психологічними та іншими показниками.

Моносомія – наявність всього однієї з пари гомологічних хромосом.

Мультифакторіальні захворювання (МФЗ) або хвороби зі спадковою схильністю – захворювання, які для свого прояву потребують дії факторів зовнішнього середовища, чим відрізняються від генних хвороб. МФЗ також носять назву **полігенних захворювань**.

Мутація – зміни в послідовності ДНК.

Нонсенс-кодон (безглуздий кодон) – кодон, що не здійснює шифрування амінокислоти.

Нонсенс мутація – мутація при якій утворюються передчасні термінуючі кодони.

Нуклеосома – комплекс гістонових білків з ДНК.

Нуклеотид – мономер нуклеїнових кислот, який складається з а. п., вуглеводного компоненту та залишку фосфорної кислоти.

Нуклеофіламент (нуклеосомна нитка) – послідовність нуклеосом, з'єднаних білком H1.

Нутригенетика (лат. nutritio – харчування + генетика) – галузь генетичної науки, яка вивчає гени відповідальні за метаболізм та засвоюваність їжі.

Нутригеноміка (лат. nutritio – харчування + геноміка) – розділ геноміки, який вивчає вплив харчування на експресію генів.

Оогенез або овогенез (ст. грец. ὄον – яйце + γένεσις – виникнення) – розвиток жіночої статевої клітини (яйцеклітини, яйця).

Однонуклеотидний поліморфізм (сніп) – відмінності послідовності ДНК розміром в один нуклеотид.

Октомер (нуклеосомний кор) – білковий комплекс гістонів H2A, H2B, H3 та H4.

Олігонуклеотид – ланцюг, який складається з кількох (від 2 до 40 і більше) нуклеотидних залишків.

Пентасомія – наявність 5 гомологічних хромосом замість 2-х.

Первинний транскрипт – суворо комплементарна матриці нуклеїнова кислота (пре-м-РНК).

Персональна геноміка – розділом геноміки, пов'язаний з секвенуванням і аналізом генома людини. Після розшифровки генотипу його можна проаналізувати за допомогою опублікованої літератури для визначення рівню схильності до розвитку і прояву певних фізичних та психічних здібностей

людини, а також ймовірності ризику виникнення і розвитку спадкових і мультифакторіальних захворювань.

Піримідини – піримідинові а. п.

Плейотропія – багато чисельна дія гена, його здатність впливати на декілька ознак.

Полімераза – фермент, який веде матричний синтез нуклеїнових кислот.

Поліморф – білковий продукт, який утворюється під час експресії поліморфних варіантів генів.

Поліморфізм (алелеморфізм) – існування в популяції двох і більшого числа алелей одного гену.

Поліморфізм довжини рестрикційних фрагментів (ПДРФ) – стійка успадкована зміна у розподілі довжини рестрикційних фрагментів.

Поліпептид – полімер, що складається з амінокислотних залишків, зв'язаних пептидними зв'язками.

Предиктивна медицина – медицина, яка використовує інформацію, що надається персональною геномікою при виборі медичних процедур (наприклад, вибір найбільш відповідного лікарського препарату) необхідних для конкретної людини.

Прецизійна медицина – медицина, яка заснована на новій систематиці людських хвороб, що базується на молекулярній біології.

Промотор – ділянка гена, до якої приєднується РНК-полімераза для початку процесу транскрипції. Промотор розташований на початку гена – 5'-кінці.

Протеом – сукупність всіх білків, клітин, тканин, організму або популяції, що експресуються за певними, чітко визначеними умовами.

Протеоміка – наука, основним предметом вивчення якої є білки і їх взаємодії в живих організмах.

Процесінг – сукупність процесів, які призводять до перетворення пре-м-РНК в зрілу м-РНК.

Психогенетика (грец. psyche – душа і genesis – походження) – наука про

спадковість і мінливість психічних і психофізіологічних властивостей, що виникла на стиці психології і генетики. Психогенетика вивчає гени відповідальні за розвиток і прояв психічних здібностей людини. У західній літературі частіше застосовується термін «генетика поведінки» (англ. Behavioral genetics).

Психогеноміка – розділ геноміки, який вивчає вплив психічного фенотипу на експресію генів.

Пурини – пуринові а. п.

Рамка зчитування – нуклеотидна послідовність, яка починається з ініціюючого кодону, поділяє наступні нуклеотиди на триплети, які кодують амінокислоти, і завершується термінуючим кодоном.

Рекомбінація – перерозподіл генетичного матеріалу (ДНК), що приводить до виникнення нових комбінацій генів.

Репарація – процес, що дозволяє живим організмам відновлювати пошкодження в ДНК.

Реплікація (редуплікація) – процес подвоєння хромосом. Реплікація представляє собою синтез ДНК.

Реплікони – одиниця реплікації, послідовність ДНК, обмежена двома орієнтаціями реплікації.

Репресія – пригнічення активності генів, частіше всього блокуванням їх транскрипції.

Репресор – білок або антисенсова РНК, що пригнічує активність генів.

Рестриктаза (рестрикційна ендонуклеаза) – фермент, який впізнає специфічні нуклеотидні послідовності довжиною від 4 до 10 п. н. і «розрізає» молекулу ДНК в цьому місці.

Рецесивна ознака – ознака, що не проявляється в гетерозиготних особин внаслідок придушення прояви рецесивного алеля.

Рецесивність – неучасть алеля в формуванні ознаки у гетерозиготній клітині.

Рецесивний алель – алель, що фенотипічно проявляється тільки в

гомозиготному стані і який маскується в присутності домінантного алеля.

Рибонуклеотид – нуклеотид, в якому є пентози представлені рибозою.

Рибонуклеїнова кислота (РНК) – нуклеїнова кислота, побудована з рибонуклеотидів.

Рибосома – комплекс р-РНК з білками.

РНК-праймер (РНК-затравка) – короткий фрагмент нуклеїнової кислоти, який служить стартовою точкою при реплікації ДНК.

Сайленсінг – процес пригнічення експресії певного гену або групи генів.

Сайленсер – ділянка ДНК, яка пригнічує процес транскрипції з найближчого до неї промотору.

Сайт – ділянка молекули ДНК, білка і т. п.

Сайт ініціації реплікації (оріджин реплікації) – точка початку реплікації.

Сайт рестрикції – певна специфічна послідовність з 4–6, рідше 8–12 нуклеотидів в дволанцюговій молекулі ДНК, яка впізнається рестриктазою.

Сайт термінації (термінуюча ділянка) – ділянка, де завершується транскрипція.

Сателітна ДНК – клас високоповторюючих послідовностей.

Секвенування (англ. sequence – послідовність) – визначення первинної амінокислотної або нуклеотидної послідовності білків і нуклеїнових кислот.

Синонімічні (сенс) мутації – мутації, які не призводять до заміщення амінокислот в силу вираженості генетичного коду.

Спадкові захворювання – захворювання, виникнення і розвиток яких пов'язаний з дефектами в спадковому апараті клітин, переданими у спадок через гамети. Розрізняють **моногенні захворювання**, при яких спадкова схильність обумовлена одним патологічно зміненим геном, і **полігенні**, які визначаються багатьма генами, які в нормальному стані, але при певній взаємодії між собою і з чинниками середовища створюють схильність до появи захворювання. Полігенні захворювання, також носять назву **мультифакторіальних захворювань (МФЗ)**

Сплайсинг – процес вирізання певних нуклеотидних послідовностей з молекул РНК і з'єднання послідовностей, що зберігаються в «зрілій» молекулі, в ході процесингу РНК.

Спейсер – протяжний проміжок, який відокремлює гени один від одного.

Стоп-кодон (термінуючий кодон) – кодон, який сигналізує про завершення трансляції.

Структури Холідея – структури ДНК, що утворюються при рекомбінації.

Структурний ген – будь-який ген, що кодує який-небудь поліпептидний ланцюг або молекулу РНК.

Супергени – дуже великі кластери із сотень функціонально і структурно-родинних генів.

Супутник (сателіт) – ділянка відокремлена від тіла хромосоми вторинною перетяжкою.

Термінатор – ділянка ДНК, яка термінує процес транскрипції. Термінатор розташований на 3'-кінці гену.

Термінація – третя стадія реплікації, транскрипції і трансляції.

Тетрасомія – наявність 4 гомологічних хромосом замість пари в диплоїдному набірі.

Транскрипція – процес синтезу РНК з використанням ДНК в якості матриці.

Транскрипт – продукт транскрипції, РНК, яка синтезована на даній ділянці ДНК як на матриці і комплементарна одній з її нитей.

Транскриптом – сукупність експресуючихся нуклеотидних послідовностей генома.

Транскриптоміка – наука, що займається вивченням транскриптома різних видів організмів.

Транскриптон – одиниця транскрипції, ділянка ДНК, обмежена промотором і сайтом термінації.

Транслокація – обмін ділянками хромосом, при якому відбувається

переміщення генетичного матеріалу без його втрати, або з втратою.

Трансляція – здійснюється рибосомами синтез білка з амінокислот на матриці м-РНК.

Транспозиція – перенесення ділянки хромосоми на інше місце на одній хромосомі.

Транспозон – ділянка, що переміщується в результаті транспозиції.

Трисомія – наявність трьох гомологічних хромосом замість пари в нормі.

Триплоїдія – наявність повного додаткового комплексу хромосом.

Фармакогенетика (грец. *φάρμακον* – ліки + генетика) – галузь генетичної науки, що вивчає характер реакцій організму на лікарські засоби в залежності від спадкових факторів.

Фармакогеноміка – розділ геноміки, який досліджує вплив генетичної варіації кожної людини в його відповіді на певний лікарський засіб.

Фолдінг білка – процес спонтанного згортання поліпептидного ланцюга в унікальну нативну просторову структуру – третинну структуру.

Хроматида – дезоксирибонуклеопротейд, який є складовою частиною хромосоми. Хромосома складається з двох сестринських хроматид.

Хроматин – дезоксирибонуклеопротейд, що виявляється під світловим мікроскопом у вигляді тонких ниток і гранул.

Хромосома (грец. *χρῶμα* – колір і *σῶμα* – тіло) – нуклеопротейдна структура в ядрі еукаріотичної клітини.

Хромосомні аберації (хромосомні мутації) – внутрішньо- і міжхромосомні структурні перебудови, що супроводжуються порушенням порядку фрагментів хромосом.

Хромосомні хвороби – спадкові захворювання, зумовлені зміною числа або структури хромосом. До хромосомних відносяться хвороби, обумовлені геномними мутаціями або структурними змінами окремих хромосом.

Центромера – особливим чином організована ділянка хромосоми, спільна для обох сестринських хроматид.

Ex vivo (лат. «з життя»), тобто «те, що відбувається поза організмом» –

проведення експериментів у живій тканині, перенесеної з організму в штучну зовнішню середу. Найбільш поширена техніка *ex vivo* використовує живі клітини або тканини, витягнуті з живого організму і вирощені (збережені) в стерильних лабораторних умовах протягом декількох днів або тижнів. Такі клітини служать зразками поведінки організму в цілому, як наслідок – скорочується потреба в експериментах над тваринами і людиною. Експерименти *ex vivo*, як правило, проводяться *in vitro*, однак два ці терміни не є синонімами.

In silico – комп'ютерне моделювання (симуляція) біологічного експерименту. Фраза була створена за аналогією з фразами *in vivo* (в живому організмі) і *in vitro* (у пробірці), які часто використовуються в біології, і сама не є латинською. Термін з написання близький до латинського виразу «*in silicio*» – «в кремнії», оскільки кремній як напівпровідниковий матеріал відіграє важливу роль у виробництві комп'ютерного обладнання.

In situ (лат. «на місці») – розгляд явища саме в місці, де воно відбувається, тобто без переміщення в спеціальну середу.

In vitro (лат. «в склі») – технологія виконання експериментів, коли досліди проводяться «у пробірці» – поза живого організму. У загальному значенні цей термін протиставляється терміну *in vivo* – експеримент на живому організмі (на тваринній моделі або людині). Багато експериментів, що мають відношення до біохімії, молекулярної біології, генетики, фармакології, медицини, та ін., проводяться поза організмом, на культурі живих клітин або в безклітинній моделі.

In vivo (лат. «в (на) живому»), тобто «всередині живого організму» або «всередині клітини» – проведення експериментів на (або всередині) живій тканині при живому організмі. Таке використання терміну виключає використання частини живого організму (так, як це робиться при тестах *in vitro*) або використання мертвого організму. Тестування на тваринах і клінічні випробування є формами дослідження *in vivo*.

2 ТЕМИ ТА ПОГОДИННИЙ РОЗКЛАД ЛЕКЦІЙ, ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ, ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ І САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Назви модулів і тем	Кількість годин				
	усього	лек.	пр.	лаб	сам
1	2	3	4	5	6
Модуль 1.					
Білки: їх хімічний склад, структура, функції.					
Нуклеїнові кислоти: їх хімічний склад, структура, функції					
Тема 1. Хімічний склад білків	11	3	1	2	5
Тема 2. Структура білків	11	4	–	2	5
Тема 3. Класифікація та функції білків	12	4	1	2	5
Тема 4. Хімічний склад нуклеїнових кислот	10	3	2	–	5
Тема 5 Структура нуклеїнових кислот	10	4	2	–	4
Разом за модулем 1	54	18	6	6	24
Модуль 2					
Особливості геномів живих організмів.					
Зберігання та реалізація генетичної інформації					
Тема 6 Поняття про генетичну інформацію	7	2	1	1	3
Тема 7 Геноми вірусів	6	2	–	1	3
Тема 8 Організація геномів прокариот	7	3	1	–	3
Тема 9 Молекулярна організація геномів еукаріот	8	3	1	1	3
Тема 10 Реплікація ДНК. Особливості реплікації у прокариот та еукаріот. Репарації ДНК.	8	2	1	1	4
Тема 11 Біосинтез білка: принциповий механізм	9	3	1	1	4
Тема 12 Мобільні генетичні елементи – віруси, плазміди, транспозони	9	3	1	1	4
Разом за модулем 2	54	18	6	6	24
Усього	108	36	12	12	48

3 ПЕРЕЛІК ТЕМ І ПИТАНЬ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО ОПРАЦЮВАННЯ

Модуль 1.

Білки: їх хімічний склад, структура, функції.

Нуклеїнові кислоти: їх хімічний склад, структура, функції

Тема 1. Хімічний склад білків

Питання для самостійного опрацювання

Хімічний склад білків. Амінокислоти – мономери білків. Замінні та незамінні амінокислоти. Особливості класифікації амінокислот, заснованої на їх хімічній структурі. Пептидний зв'язок і поліпептидний ланцюг.

Тема 2. Структура білків

Питання для самостійного опрацювання

Структура білків. Первинна структура білка – поліпептидний ланцюг. Складні просторові структури: вторинна структура – α -спіраль та β -складчастий листок. Третинна структура – глобулярні білки. Четвертинна структура – агрегат з кількох глобул. Стабілізація конфірмаційних структур: водневі зв'язки та гідрофільно-гідрофобні взаємодії, сили Ван-дер-Ваальса. Лінійні та поворотні структури.

Тема 3. Класифікація та функції білків

Питання для самостійного опрацювання

Класифікація та функції білків. Структурні та ферментні білки. Мембранні та даптерів на білки. Конформаційна рухливість білків. Принципи ферментативного каталізу та механізми використання гідролізу АТФ.

Тема 4. Хімічний склад нуклеїнових кислот

Питання для самостійного опрацювання

Хімічний склад нуклеїнових кислот. Нуклеотиди та їх похідні. Пурини та піримідини. Утворення полінуклеотидів. Сахаро-фосфатний остов молекул ДНК та РНК, азотисті основи. Ковалентні та водневі зв'язки. Нуклеази.

Тема 5. Структура нуклеїнових кислот

Питання для самостійного опрацювання

Структура нуклеїнових кислот. Укладання ДНК у подвійну спіраль та її стабілізація. Конформаційні форми ДНК: A, B, C, D, T та Z-форми подвійної спіралі та умови їх існування. Білково-нуклеїнові взаємодії при компактизації ДНК. Циркулярна ДНК.

Питання для самоперевірки

1. Напишіть стандартні скорочення для 20 амінокислот. На які дві групи їх можна поділити за фізико-хімічними властивостями?
2. Які властивості має пептидна група? Чи взаємодіє вона з водою?
3. Що таке вторинна структура білка? Укажіть типи й основні риси вторинних структур, що зустрічаються у глобулярних білках. Які взаємодії стабілізують регулярну вторинну структуру?
4. Які взаємодії є основною рушійною силою, що зумовлює укладання поліпептидного ланцюга в компактну глобулу?
5. Укажіть основні загальні риси структури глобулярних водорозчинних білків. Чому глобула завжди формується елементами регулярної вторинної структури
6. Які взаємодії зумовлюють твердість білкової глобули? Яке значення має твердість білка для його функціонування?
7. Що таке структурний мотив? Укажіть основні структурні мотиви, що часто зустрічаються у глобулярних білках.
8. Як структура мембранних білків відрізняється від такої водорозчинних?
9. За рахунок чого є можливим перемикавання структури білка між двома конформаційними станами?
10. У чому полягає фізична природа ферментативного каталізу?
11. За яким принципом використовується вільна енергія гідролізу АТФ для здійснення реакцій синтезу?
12. Як використовується вільна енергія гідролізу АТФ для виконання

роботи молекулярними машинами? Сформулюйте основні принципи роботи молекулярних машин.

13. З яких трьох елементів складається нуклеотид? Назвіть основні фізико-хімічні властивості цих елементів.

14. Чим хімічно відрізняються між собою рибо- і дезоксирибонуклеїнові кислоти?

15. Між якими хімічними групами утворюється полінуклеотидний ланцюг за рахунок ковалентного зв'язку? Як позначаються кінці ланцюга й чому саме так?

16. Опишіть основні риси структури подвійної спіралі ДНК.

17. Які взаємодії стабілізують подвійну спіраль? Що лежить в основі комплементарності нуклеотидів і яке значення має комплементарність для стабілізації спіралі?

18. Які структурні форми подвійних спіралей нуклеїнових кислот знайомі? Чим вони відрізняються? Які з цих форм є основними формами існування подвійних спіралей ДНК і РНК *in vivo*?

19. Які конформаційні параметри характеризують вигин і ступінь спіральної закрутки молекули ДНК?

20. Напишіть усі типи динуклеотидних контактів у складі полінуклеотидного ланцюга та у складі подвійної спіралі. Як і чому різняться ці два набори контактів?

21. Чим визначається локальна конформація та динамічні властивості подвійної спіралі?

22. Назвіть основні структурні мотиви білків, котрі взаємодіють із ДНК. Які елементи структури білків залучаються до взаємодії, і з якими структурними елементами подвійної спіралі?

23. Взаємодії якого типу реалізуються між ДНК і білками?

24. До чого приводить взаємодія елементів регулярної вторинної структури білків з маленьким жолобком ДНК?

25. Сформулюйте головний принцип, за яким здійснюється специфічне

впізнання білком певної послідовності пар основ ДНК.

26. Що таке число зчеплень, твіст і райзинг циркулярної ДНК? Як співвідносяться ці величини? Що таке топоізомер?

27. Як виникає надспіралізація в циркулярних ДНК? Яка різниця між негативною та позитивною надспіралізацією?

28. У чому полягають основні механізми роботи й функціональне значення ДНК-топоізомераз?

Література: [1; 2; 3; 4; 5; 6;7;8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16]

Змістовий модуль 2

Особливості геномів живих організмів.

Зберігання та реалізація генетичної інформації

Тема 6. Поняття про генетичну інформацію.

Питання для самостійного опрацювання

Поняття про генетичну інформацію. Гени, геноми, генетичний код. Молекулярна організація генетичного матеріалу. Еволюція генетичного апарату живих істот. Визначення типу геному організму за характеристиками нуклеотидних послідовностей. Класифікація геномів. Визначення типу структурної організації спадкового апарату. Структурні типи хроматину та структурна організація спадкового апарату. Структурні та регуляторні білки, пов'язані з геномом.

Тема 7. Геноми вірусів.

Питання для самостійного опрацювання

Геноми вірусів. ДНК- та РНК-вмісні віруси. Особливості реплікації у ДНК та РНК-вмісних вірусів. Економічність геному вірусів. Зворотня транскрипція у ретровірусів та параретровірусів для забезпечення синтезу вірусних копій ДНК. Фреймшифтинг та амфіполярність матриць.

Тема 8. Організація геномів прокаріот

Питання для самостійного опрацювання

Організація геномів прокаріот. Загальна характеристика генома прокаріот. Структура нуклеоїду. Фактори компактизації бактеріальної хромосоми. Моделі улаштування бактеріальної хромосоми під час синтезу внутрішньоклітинних білків. Формування адаптерів і комплексів поблизу цитоплазматичної мембрани.

Додаткові геномні елементи – плазміди. Тонка структура генів прокаріот. Бактеріальні оперони. Функції їх регуляторних ділянок. Блоки Прібнова та Гілберта та їх роль в ініціації транскрипції. Ініціюючі та адаптерів кодони. Послідовність Шайна-Дальгарно та її роль у подальшій ініціації трансляції. ρ -залежні та ρ -незалежні термінатори. Топологічне розподілення генів на генетичній карті бактеріальної хромосоми. Складання генетичних карт хромосом.

Тема 9. Молекулярна організація геномів еукаріот.

Питання для самостійного опрацювання

Молекулярна організація геномів еукаріот. Загальна характеристика генома еукаріот. Структурні типи хроматину. Надмірність еукаріотичного геному. Типи адаптер та некодуючих послідовностей. Мозаїчна (екзон-інтронна) організація генів еукаріот. Сплайсинг, трансплайсинг та аутосплайсинг. Рівні компактизації еукаріотичної хромосоми на різних стадіях клітинного циклу. Роль адаптерів у компактизації еукаріотичних хромосом. Гени еукаріот, їх адаптер та регуляторні ділянки: блок Хогнеса, «GC»-мотив, «ССААТ»-блок. Регуляторні елементи генома еукаріот: енхансери, сайленсери, «GC» – мотив та інші. Повороти у еукаріотних ДНК. Сателітна ДНК.

Тема 10. Реплікація ДНК.

Питання для самостійного опрацювання

Реплікація ДНК. Особливості реплікації у прокаріот та еукаріот. Загальна характеристика реплікації ДНК як матричного процесу синтезу. Поняття про

реплікон. Основні типи репліконів. Уявлення про механізми реплікації ДНК (консервативний, дисперсивний, напівконсервативний).

Загальна характеристика білків і ферментів, які беруть участь у процесі реплікації ДНК (на прикладі хромосоми *E.coli*). Роль топоізомераз у просторових перетвореннях хромосоми перед початком та під час реплікації ДНК. Праймази та РНК-полімерази та їх участь у синтезі затравок (праймерів). Типи праймінгу. Праймосоми, їх склад та функціонування. ДНК-полімерази прокариот та еукаріот, їх структура, механізм дії та функції на різних етапах реплікації.

Будова та ферментативні активності ДНК-полімераз прокариот: полімерази I, II та III *E. coli*. Функціональна активність ДНК-полімераз еукаріот. Хелікази. Їх структура, різноманітність та функції в процесі реплікації. Роль хеліказ та SSB-білків у розгортанні даптерів молекули ДНК. Сучасні уявлення про реплікацію ДНК: ініціація, елонгація та даптерів н реплікації.

Будова ділянок *ori-C* та їх роль у формуванні ініціального комплексу Формування реплісоми на стадії ініціації. Відмінність синтезу ДНК на ведучому та відсталому ланцюгах. Фрагменти Оказакі. Роль ДНК-полімерази I у заміні праймерів на ДНК-ові фрагменти. Процесивність реплікації. Точність синтезу ДНК. Важливість топологічних перетворень ДНК у ході реплікації та під час її завершення (катенани, катемери та конкатемери). Роль топоізомераз у просторових перетвореннях ДНК. Інгібітори топоізомераз із ряду фторхінолонів та пригнічення ними синтезу ДНК. Особливості реплікації у плазмід, вірусів та еукаріот. Різноманітність типів реплікації (Y-, Θ -, σ -типи та D-петлевий механізми ампліфікації ДНК). Визначення типу системи синтезу ДНК за складом та особливостями її компонентів. Аналіз систем синтезу ДНК різних типів. Зв'язок проблем старіння та злоякісної трансформації з порушенням нормального ходу реплікації. Теломераза та її роль у подоланні проблеми даптерів кінців хромосом після реплікації. Реплікація вірусних РНК-

геномів: вірусні та клітинні ферментні системи. Пластидні РНК-полімери. Зворотна транскрипція.

Репарації ДНК. Репараційні системи про- та еукаріот як один з головних засобів виправлення та компенсації пошкоджень ДНК. Основні типи мутаційних пошкоджень нуклеїнових кислот. Особливості дії хімічних, фізичних та біологічних мутагенів. Загальна характеристика механізмів репарації ДНК у прокариот та еукаріот. Молекулярні механізми репарації ДНК.

Пряма репарація. Фотореактивація та її роль у виправленні УФ-пошкоджень ДНК. Ексцизійна репарація та її види. Темнова репарація. Репаративна SOS-система, її функціонування, індукція та роль у компенсуванні масових пошкоджень нуклеїнових кислот. Метилювання нуклеотидів як один з засобів захисту ДНК від дії біологічних мутагенів. Постреплікативна репарація. Апоптоз та його роль в елімінації клітин з пошкодженою ДНК. Молекулярні механізми регуляції апоптозу.

Тема 11. Біосинтез білка: принципний механізм.

Питання для самостійного опрацювання

Біосинтез білка: принципний механізм. Основи регуляції експресії генів у прокариот та еукаріот. Алостеричні білки та їх роль в регуляції ферментативної активності та в регуляції роботи генів. Різноманітність шляхів регуляції експресії гена. Аналіз шляхів регуляції експресії гена. Складання схеми регуляції експресії гена. Основні молекулярні механізми регуляції транскрипції. Позитивний та негативний контроль в регуляції експресії генів. Індукція і репресія як головні механізми регуляції синтезу білків на генетичному рівні. Комбінування індукції, репресії та позитивного і негативного контролю у бактеріальних оперонах (чотири типи «класичних» оперонів). Аутогенний контроль як один з найудосконалених механізмів регуляції транскрипції. Катаболітна репресія вуглеводами як змішаний тип регуляції в лактозному опероні *E. coli*. Механізми регуляції трансляції. Атенуація як один з головних механізмів регуляції трансляції у прокариот. Особливості регуляції експресії генів у еукаріот.

Тема 12. Мобільні генетичні елементи – віруси, плазмиди, транспозони.

Питання для самостійного опрацювання

Мобільні генетичні елементи – віруси, плазмиди, транспозони. Загальна характеристика мобільних елементів геномів прокариот та еукаріот. Плазмиди бактерій. Їх форма, властивості та особливості реплікації. Плазмиди фертильності та їх варіанти. Здатність до передачі генетичної інформації. Оперон трансмісії. R-плазмиди та їх роль в поширенні мікроорганізмів, стійких до антибіотиків та сульфаніламідів. Плазмиди бактеріоциногенії та токсинування. IS-елементи і транспозони у бактерій. Механізми транспозиції. Зв'язок транспозонів з плазмідами та фагами. Плазмиди, транспозони, ретропозони, ретротранспозони та ДНК мітохондрій і пластид у еукаріотів. Їх участь у спадкових зміненнях організмів та еволюційне значення. Віруси рослин, тварин і бактеріофаги як мобільні генетичні елементи. Їх роль у спадковій мінливості організмів.

Питання для самоперевірки

1. Дайте визначення кодона і відкритої рамки зчитування. Скільки існує кодонів? Які позиції нуклеотидів у складі кодона є найбільш і найменш визначальними?
2. Що таке ген?
3. Що таке геном? У чому полягає найсуттєвіша відмінність між геномами про- та еукаріотів?
4. У чому полягає перекриття генів у вірусів та еукаріотів?
5. Дайте визначення інтрона і екзона.
6. Яка різниця між кластером генів і опероном?
7. Назвіть основні типи послідовностей ДНК, що повторюються.
8. З яких елементів складається нуклеосома? Яке місце в її структурі належить білкам? Як організована у просторі ДНК у нуклеосомі?
9. Які взаємодії стабілізують нуклеосому? За яким принципом відбувається збирання нуклеосоми?

10. У чому полягає механізм позиціонування нуклеосом відносно послідовності ДНК?

11. Назвіть основні типи посттрансляційних модифікацій гістонів. Які амінокислотні залишки піддаються модифікаціям? В яких частинах молекул гістонів ці залишки розташовані?

12. Як організована хроматинова фібрила у просторі? За яким основним механізмом фібрила піддається компактизації? У чому полягає роль гістону H1?

13. Що таке ядерний матрикс і яку участь він бере в організації хроматину в клітинному ядрі?

14. Назвіть основні структурні елементи будови т-РНК? Як саме вони розташовані у просторі? Які взаємодії стабілізують просторову структуру тРНК?

15. Якою хімічною групою т-РНК акцептується амінокислота? Назвіть групу амінокислоти, що задіяна в цьому зв'язку.

16. Які хімічні реакції каталізує АРСаза? Що таке активування амінокислоти?

17. Яким чином реалізується специфічність АРСаз щодо т-РНК та амінокислот?

18. Що таке рибосома? З чого вона складається? Опишіть основні риси просторової будови рибосоми.

19. Які функціональні сайти має рибосома? Їхнє розташування відносно один одного та щодо субодиниць рибосоми?

20. Як розподілені функції рибосоми між двома субодиницями?

21. Порівняйте структурні та функціональні особливості рибосомних РНК і білків.

22. З яких етапів складається елонгаційний цикл рибосоми?

23. Опишіть структуру та функціональне значення факторів елонгації EF1 і EF2

24. У чому полягає роль гідролізу GTP при елонгації трансляції?

25. Як рибосома здійснює свою декодуючу функцію?
26. Що таке акомодация aa-т-РНК на рибосомі та як саме вона відбувається?
27. У чому полягає реакція подовження поліпептидного ланцюга на одну амінокислоту? Як відбувається каталіз цієї реакції?
28. Яким чином відбувається транслокація рибосоми вздовж м-РНК?
29. Яка стадія елонгаційного циклу є найшвидкішою?
30. Порівняйте системи ініціації трансляції у про- та еукаріотів.
31. Опишіть основні стадії термінації трансляції.
32. За якими механізмами здійснюється регуляція білкового синтезу?
33. Назвіть основні стадії процесу укладання білкової глобули. Якою вільною енергією має характеризуватися нативна конформація білка порівняно з іншими конформаціями? Що таке енергетична пастка; як вона може виникати?
34. У чому полягає функціональна роль шаперонів?
35. Опишіть робочий цикл шаперонів hsp70.
36. Як за своїм складом і спорідненістю до ДНК розрізняються кор- і голофермент бактеріальної РНК-полімерази? Яке значення має ця різниця для ініціації транскрипції?
37. Яку будову має стандартний бактеріальний промотор?
38. Чим розрізняються закритий і відкритий комплекси РНК- полімерази з промотором?
39. У якому напрямку здійснюється зчитування інформації з ДНК під час транскрипції? Що таке змістовний і антизмістовний ланцюги? Який з них є матричним?
40. Яку роль відіграє σ -фактор в ініціації транскрипції?
41. Як забезпечується висока процесивність РНК-полімерази?
42. Як організовано активний центр РНК-полімерази? Які сполуки є субстратами (будівним матеріалом) синтезу РНК?
43. Опишіть основні етапи елонгаційного циклу РНК-полімерази. Чому

фермент рухається вздовж ДНК під час транскрипції?

44. Яким чином здійснюється при редагування помилок приєднання нуклеотидів?

45. Як здійснюється термінація транскрипції у бактерій?

46. Яка різниця між цис- і транселементами системи регуляції транскрипції?

47. Опишіть систему регуляції лактозного оперона. Яку роль у регуляції відіграють lac-репресор і білок CAP?

48. Що таке антитермінація?

49. Як здійснюється атенуація в триптофановому опероні?

50. За якими механізмами здійснюється регуляція загального рівня транскрипції в бактеріальній клітині?

51. Охарактеризуйте стадії життєвого циклу бактеріофага λ . Як відбувається перемикання між різними шляхами розвитку?

52. Репресор бактеріофага λ є позитивним чи негативним регулятором транскрипції гена *cro*? Гена *cI*

Література: [1; 2; 3; 4; 5; 7; 8; 11; 12; 14; 16; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 23; 24; 25; 26; 27].

4 ПИТАННЯ ДО ІСПИТУ

1. Що вивчає молекулярна біологія?
2. Коли молекулярна біологія почала формуватися, як окремий напрямок біохімії?
3. Коли і ким була встановлена двохспірально структура молекули ДНК?
4. Коли і ким була сформульована центральна догма молекулярної біології?
5. Перерахуйте основні відкриття у сфері молекулярної біології.
6. Що представляють собою хромосоми?
7. Яку роль відіграє хроматин?
8. Скільки типів гістонів Вам відомі?
9. На скільки плечей поділяє хромосому центромера?
10. Які типи хромосом існують?
11. Що таке хромосомні аберації?
12. Які види хромосомних аберацій відомі?
13. Скільки видів транспозонів розрізняють?
14. Що представляє собою каріотип?
15. Що таке каріотипування?
16. Які відхилення від норми в каріотипі відомі?
17. У чому полягає пентасомія?
18. Коли і ким були відкриті нуклеїнові кислоти?
19. Що представляють собою нуклеотиди?
20. Які види нуклеотидів Ви знаєте?
21. Скільки типів азотистих підстав існує? Перерахуйте підстави кожного типу.
22. Які азотисті підстави входять до складу ДНК, а які до складу РНК?
23. У чому полягає метаболізм нуклеотидів?
24. Опишіть первинну структуру ДНК.
25. Коли і ким була встановлена вторинна структура молекули ДНК?

26. Що представляє собою вторинна структура ДНК?
27. Які форми ДНК Вам відомі?
28. Наведить характеристики третинної структури ДНК.
29. Опишіть первинну структуру РНК?
30. Що представляє собою вторинна структура РНК.
31. Наведить характеристики третинної структури РНК.
32. Які типи РНК Ви знаєте. Що це за типи?
33. Що таке некодуючі РНК?
34. Що таке РНК-геном?
35. У чому полягає гібридизація нуклеїнових кислот?
36. Що відбувається під час денатурації нуклеїнової кислоти?
37. Що можна встановити методом молекулярної гібридизації?
38. Що вивчає геноміка?
39. Коли і ким було введено термін «ген»?
40. Що представляє собою ген?
41. Які групи регуляторних генів виділяють?
42. Що відноситься до регуляторної частини гену?
43. Яку функцію виконуть інтрони?
44. Яку назву має ділянка ДНК, яка термінує процес транскрипції?
45. Що відноситься до структурної частини гену?
46. Що таке екзони?
47. Яку функцію виконують інсулятори?
48. Скільки груп інтронів існує? Перерахуйте ці групи.
49. На скільки груп можуть бути поділені гени за своїм функціональним призначенням? Що це за групи?
50. На скільки груп можуть бути поділені гени за характером своєї експресії? Опишіть ці групи?
51. Що представляє собою генетичний поліморфізм?
52. Що таке одонуклеотидні поліморфізми?
53. Скільки варіантів геномного поліморфізму виділяють? Що це за

варіанти?

54. На скільки груп стосовно до гену, поділяються алелі? Опишіть ці групи?

55. Що розуміють під мутацією?

56. Що відноситься до найбільш мінливої області мітохондріального геному?

57. На які класи можуть бути поділені мутантні алелі?

58. Які мутації викликають генетичний дисбаланс і призводять до серйозних порушень синтезу білка?

59. Опишіть принципову схему запису і нумерації нуклеотидів.

60. Що представляє собою геном людини?

61. Що Вам відомо про проект «Геном людини»?

62. З чого складається близько 50 % всього геному людини?

63. Що представляє собою мітохондріальна ДНК?

64. У чому полягає процес реплікації ДНК?

65. На скільки етапів поділяється реплікація? Перерахуйте ці етапи.

66. Що відбувається під час ініціації реплікації?

67. Які зміни відбуваються під час елонгації реплікації.

68. Що таке оріджини реплікації?

69. Для чого потрібно метилування ДНК?

70. Як відбувається метилування ДНК?

71. Опишіть принцип роботи теломери.

72. Яку назву носить процес, що дозволяє живим організмам відновлювати пошкодження, що виникають в ДНК?

73. На які типи поділяються пошкодження ДНК. Що це за типи?

74. У чому полягають помилки реплікації і як вони усуваються?

75. Які етапи дезамінування Ви знаєте?

76. Що представляють собою індуковані пошкодження ДНК?

77. Що таке генетична рекомбінація?

78. Які типи рекомбінації виділяють?

79. У чому полягає кросинговер?
80. Які види кросинговеру Вам відомі?
81. Опишіть генну конверсію.
82. Як відбувається внутрішньомолекулярна рекомбінація?
83. Опишіть модель гомологічної рекомбінації Холідея.
84. Що таке експресія генів?
85. Що представляє собою біосинтез білка?
86. Що таке транскрипція?
87. Транскриптон – це...
88. Які класи факторів транскрипції розрізняють за функціональною ознакою?
89. Через які механізми транскрипційні фактори можуть впливати на транскрипцію генів?
90. На які суперкласи поділяють транскрипційні фактори за ключовими особливостями ДНК-зв'язуючих доменів?
91. Що представляють собою ядерні рецептори?
92. Що Вам відомо про білок р53?
93. Скільки стадій включає процес транскрипції? Що це за стадії?
94. Що відбувається під час термінації транскрипції?
95. Що таке індукована транскрипція?
96. Що представляє собою процесінг РНК?
97. У чому полягає кепування?
98. Що таке сплайсинг?
99. Що формує сплайсосому?
100. Опишіть альтернативний сплайсинг.
101. Що представляє собою процес трансляції?
102. Що таке генетичний код?
103. Що є кодуєчими елементами в шифруванні амінокислотної послідовності?
104. У чому полягає специфічність генетичного коду, а у чому його

виродженність?

105. На чому заснована універсальність генетичного коду?
106. Опишіть будову рибосоми.
107. Яку функцію виконують рибосоми?
108. Ким і коли була сформульована центральна догма молекулярної біології? У чому вона полягає?
109. Перерахуйте стадії трансляції.
110. Що відбувається під час елонгації трансляції?
111. Що називається відкритою рамкою зчитування?
112. Які посттрансляційні модифікації Вам відомі?
113. Яким чином здійснюється регуляція генної експресії?
114. Що є досить рідкісним способом регуляції генної експресії?
115. Як відбувається перебудова генів?
116. Опишіть загальний механізм посттранскрипційного сайленсінгу.
117. У чому полягає посттрансляційна регуляція генної експресії?
118. Чим забезпечується зміна швидкості трансляції?
119. Що вивчає протеоміка?
120. Що представляють собою амінокислоти?
121. Скільки амінокислот існує?
122. Перерахуйте відомі Вам амінокислоти.
123. Яким чином класифікують амінокислоти?
124. Наведить класифікацію амінокислот.
125. Опишіть функції кожної амінокислоти.
126. Що таке пептиди?
127. Яким чином класифікують пептиди?
128. Що представляє собою пептидний зв'язок?
129. Які групи пептидів Ви знаєте?
130. Опишіть шляхи біосинтезу амінокислот.
131. Що представляє собою білки?
132. За якими параметрами класифікують білки?

133. На скільки груп за хімічною будовою класифікуються білки. Що це за групи?
134. Які класи протеїдів Вам відомі?
135. Що таке конформація білків?
136. Опишіть первинну структуру білка.
137. Що представляє собою вторинна структура білка?
138. Наведить характеристики третинної структури білка.
139. Які зв'язки беруть участь у формуванні третинної структури білків?
140. Що представляє собою денатурація білків?
141. Що Вам відомо про супервторинну структуру білка?
142. Які види супервторинної структури білка існують?
143. Що таке доменна структура білка?
144. Опишіть четвертинну структуру білка.
145. Що таке олігомерний білок?
146. Що таке фолдінг білків?
147. Що представляє собою процес ренатурації?
148. Що таке шаперони?
149. Які види шаперонів розрізняють?
150. Що представляє собою шапероновий комплекс?
151. Що представляє собою ліганд?
152. Що таке активний центр білків?
153. Що Ви знаєте про інгібітор білка?
154. Структурний аналог ліганда – це...
155. Які функції виконують білки в організмі? Опишіть ці функції.
156. Перерахуйте основні аспекти, які складають основу практичного застосування знань про молекулярні механізми, що лежать в основі індивідуальних відмінностей у розвитку і прояві фізичних здібностей?
157. У чому саме молекулярна генетика надає допомогу спеціалістам?
158. Які підходи включає сучасна стратегія картування фізичних здібностей?

159. За якою структурою можна класифікувати дослідження, що проводяться в рамках виявлення схильності до розвитку і прояву фізичних здібностей?

160. Які основні критерії необхідно враховувати при визначенні значимості поліморфізму гена в діагностиці схильності до певного виду рухової діяльності?

161. Скільки типів схильності до розвитку і прояву фізичних здібностей існує?

162. З яких розділів повинно складатися індивідуальне молекулярно-генетичне заключення?

163. Коли з'явилися експериментальні технології, що забезпечували можливість визначення молекулярних механізмів успадкування фізичних здібностей людини? Хто стояв у витоків цих досліджень?

164. Хто опублікував першу наукову статтю по результатам таких досліджень?

165. Який ген отримав назву «гену спорту»?

166. Для яких рухових навичок спадковість є вищою, а для яких нижчею?

167. Які рухи найбільш схильні до генетичного контролю?

168. Що лежить в основі успадкування фізичних здібностей?

169. Що грає значну роль у зростанні рівня розвитку фізичних здібностей?

170. Які фізичні здібності є найбільш тренуємими?

171. Що обумовлює ту чи іншу ступінь тренуємості людини?

172. В чому значення сенситивних періодів?

173. Що представляє собою молекулярно-генетичний маркер?

174. Які маркери виділяють згідно виявленим ефектам поліморфізмів генів?

175. Скільки в справжній час відомо молекулярно-генетичних маркерів, асоційованих з розвитком і проявом витривалості?

176. Які генетичні маркери «тренуємості витривалості» Ви знаєте?

177. З якими здібностями, окрім витривалості, пов'язаний *ACE I* алель?
178. Алель якого гену асоціюється з низькою щільністю рецептора і низькими значеннями серцевого викиду в спокої, низьким рівнем систолічного АТ, зменшеною бронходилатацією та низьким ризиком розвитку ожиріння?
179. Опишіть молекулярно-генетичні маркери швидкості і сили.
180. Скільки в справжній час відомо молекулярно-генетичних маркерів, асоційованих з розвитком і проявом швидкості і сили?
181. На відміну від *ACE I* алеля, який асоціюється з витривалістю, з розвитком чого асоціюється *ACE D* алель?
182. Поліморфізм якого гену збільшує стійкість клітин до гіпоксії? Опишіть даний поліморфізм.
183. Який поліморфізм асоціюється з поліпшеним глікемічним профілем у відповідь на фізичні навантаження?
184. Опишіть застосування генного допінгу.
185. Назвіть предмет психогенетики?
186. Чим займається молекулярна психогенетика?
187. Що представляє собою серотонін?
188. Що лежить в основі функціонування серотонінергічної системи?
189. Скільки типів рецепторів серотоніну Ви знаєте?
190. Які функції виконує серотонінергічна система?
191. Перерахуйте поліморфізми генів серотонінергічної системи та їх зв'язок з особистими характеристиками людини.
192. Що Вам відомо про роботу транспортера серотоніну при rs25531 поліморфізмі гена *5HTT*, *SERT* або *SLC6A4*?
193. Яка здатність моноаміноксидаз, дозволяє віднести їх до генів-кандидатів, відповідальних за розвиток поведінкових рис, почуття сприйняття часу і психічних захворювань?
194. Що представляє собою дофамін?
195. Що лежить в основі функціонування дофамінергічної системи?
196. Які функції виконує дофамінергічна система?

197. Перерахуйте поліморфізми генів дофамінергічної системи та їх зв'язок з особистими характеристиками людини.
198. Що Вам відомо про ген *COMT*?
199. Перерахуйте гени розумових здібностей людини.
200. Яким чином здійснюється процедура букального зішкрібу?
201. Які варіанти букального зішкрібу Вам відомі?
202. Опишіть процедуру виконання букального змиву.
203. Які умови висуваються для забору венозної крові?
204. Що таке амніоцентез?
205. Як виконується процедура кордоцентезу?
206. Що представляє собою хоріонбіопсія?
207. В якому випадку застосовують екстракцію ДНК з букального епітелію сорбентним методом.
208. Опишіть методику проведення екстракції ДНК з букального епітелію сорбентним методом.
209. В якому випадку застосовують виділення ДНК з епітеліальних клітин ротової порожнини методом лужної екстракції?
210. Як проводиться екстракція ДНК з лейкоцитів крові сорбентним методом?
211. Для чого використовують спектрофотометрію? На чому заснований даний метод?
212. Для чого використовують флуориметрію?
213. Що представляє собою фрагментування ДНК?
214. Як працює рестриктаза?
215. У чому полягає молекулярне клонування?
216. Скільки стадій включає клонування фрагмента ДНК? Опишіть ці стадії.
217. Для чого використовують ампліфікацію ДНК?
218. Коли і ким був відкритий метод ПЛР?
219. У чому полягає метод ПЛР?

220. Скільки стадій включає ПЛР? Опишіть ці стадії.
221. На якому обладнанні проводять ПЛР?
222. Які різновиди ПЛР Вам відомі?
223. Що представляє собою ПЛР у реальному часі? У чому її переваги?
224. У чому полягає цифрова ПЛР?
225. Опишіть метод ПЛР зі зворотною транскрипцією.
226. Який метод використовують для сепарації ДНК?
227. На якому обладнанні проводять агарозний гель-електрофорез, а на якому поліакриламідний?
228. Що представляє собою капілярний гель-електрофорез? У чому його переваги?
229. Яке обладнання застосовують для візуалізації результатів проведення гель-електрофорезу?
230. Що представляє собою гібридизація ДНК?
231. Як проводиться Саузерн-блотінг?
232. Які варіанти блот-гібридизації Ви знаєте?
233. Які методи на основі ДНК-маркерів Вам відомі?
234. Опишіть схему проведення ПДРФ-аналізу.
235. Перерахуйте відомі Вам ПЛР-маркери.
236. Що представляє собою секвенування ДНК?
237. Перерахуйте методи секвенування.
238. У чому полягає метод секвенування Максама-Гілберта?
239. Опишіть метод секвенування за Сенгером.
240. Які методи NGS-секвенування Вам відомі?
241. Що таке генотипування?
242. Генотипуванню чого, в справжній час приділяється все більша увага?
243. Опишіть відомі Вам методи SNP-генотипування.
244. Якою компанією і коли була розроблена, запатентована і впроваджена система гібридизації на мікрочіпах?
245. Опишіть методику проведення гібридації на мікрочіпах.

246. Що таке ДНК-фінгерпринтинг?

247. Які методи застосовують для ДНК-профілювання?

248. За допомогою сукупності яких підходів і методів, можна кожен ген віднести до певної хромосоми, тобто скласти генетичну або геномну карту організму.

249. Що представляє собою генна терапія?

250. Які різновиди генотерапії Вам відомі?

251. Як працює система CRISPR?

252. У чому полягає цінність системи CRISPR?

253. До чого призводить нестача α -актиніна-3?

5 КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ СТУДЕНТІВ

Проміжний контроль знань студентів здійснюється регулярно на лекційних, лабораторних і практичних заняттях шляхом їх опитування з пройденого матеріалу. Підсумковий контроль знань здійснюється на іспиті. Оцінки знань на етапах проміжного та підсумкового контролю знань студентів з дисципліни «Основи фізико-хімічної біології».

«Відмінно» виставляється студенту, який протягом семестру систематично працював, на іспиті показав різнобічні та глибокі знання програмного матеріалу, уміє вільно виконувати завдання, що передбачені програмою, засвоїв основну та знайомий з додатковою літературою, відчуває взаємозв'язок окремих розділів дисципліни, їх значення для майбутньої професії, виявив творчі здібності в розумінні та використанні навчально-програмного матеріалу, здатність до самостійного оновлення і поповнення знань.

«Добре» виставляється студенту, який виявив повне знання навчально-програмного матеріалу, успішно виконує передбачені програмою завдання, засвоїв основну літературу, що рекомендована програмою, показав стійкий характер знань з дисципліни і здатний до їх самостійного поповнення та поновлення у ході подальшого навчання та професійної діяльності.

«Задовільно» виставляється студенту, який виявив знання основного навчально-програмного матеріалу в обсязі, необхідному для подальшого навчання та подальшої роботи за професією, справляється з виконанням завдань, передбачених програмою, допустив окремі похибки у відповідях на іспиті та при виконанні екзаменаційних завдань, але володіє необхідними знаннями для їх подолання під керівництвом науково-педагогічного працівника.

«Незадовільно» виставляється студенту, який не виявив достатніх знань основного навчально-програмного матеріалу, допустив принципові помилки у виконанні передбачених програмою завдань, не може без допомоги науково-

педагогічного працівника використати знання при подальшому навчанні, не спромігся оволодіти навичками самостійної роботи.

Шкала оцінювання

Сума балів	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою для іспиту
90–100	A	відмінно
80–89	B	добре
70–79	C	
60–69	D	задовільно
50–59	E	
1–49	FX	незадовільно

Підсумкове семестрове оцінювання навчальної роботи студента: оцінювання відповідно до отриманих за семестр рейтингових балів здійснюється за такою шкалою:

Шкала оцінювання ECTS	Визначення	Національна п'ятибальна шкала оцінювання	Рейтингова бальна шкала оцінювання
A	ВІДМІННО	5,0	$90 \leq RD \leq 100$
B	ДУЖЕ ДОБРЕ	4,5	$80 \leq RD < 90$
C	ДОБРЕ	4,0	$65 \leq RD < 80$
D	ЗАДОВІЛЬНО	3,5	$55 \leq RD < 65$
E	ДОСТАТНЬО	3,0	$50 \leq RD < 55$
FX	НЕЗАДОВІЛЬНО – можливе повторне складання	2,0	$35 \leq RD < 50$
F	НЕПРИЙНЯТНО – необхідний повторний курс з навчальної дисципліни	1,0	$RD < 35$

Студент, який протягом навчального періоду не набрав необхідної кількості рейтингових балів, але набрав не менше 35 % (тобто 35–50 балів), зобов'язаний скласти захід підсумкового семестрового контролю після завершення останнього модульно-атестаційного циклу у семестрі.

Студент має право на складання 2 ПСК: викладачу та комісії. У разі незадовільного складання ПСК студент отримує оцінку «неприйнятно» (F) і йому призначається повторне вивчення дисципліни.

При успішному складанні заходу ПСК використовується оцінка «достатньо», яка засвідчує виконання студентом мінімальних вимог без урахування накопичених балів.

Студент, який набрав кількість балів менше 35 (35 %) не допускається до заходу ПСК і отримує оцінку «неприйнятно» (F) і йому призначається повторне вивчення дисципліни.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

Основна

1. Боечко Ф.Ф. Основи молекулярної біології. / Ф.Ф. Боечко, Л.О. Боечко, І.В. Шмиголь. – Черкаси : Вид. відділ ЧНУ імені Богдана Хмельницького, 2010. – 460 с.
2. Коничев А.С. Молекулярная биология : Учеб. для студ. пед. вузов: 2-е изд., испр. / А.С. Коничев, Г.А. Севастьянова. – Москва : Академия, 2005. – 400 с.
3. Мушкамбаров Н.Н. Молекулярная биология : Учебное пособие для студентов мед. вузов. / Н.Н. Мушкамбаров, С.Л. Кузнецов. – Москва : ООО «Медицинское информационное агентство», 2007. – 536 с.

Допоміжна

4. Альбертс Б. Молекулярная биология клетки. / Б.Альбертс, Д.Брей, Дж. Льюис, К.Робертс, Дж. Уотсон. – Москва : Мир, 1994.
5. Ашмарин И.П. Молекулярная биология. / И.П. Ашмарин. – Л. : Изд-во ЛГУ, 1975. – 368 с.
6. Боечко Ф.Ф. Біологічна хімія. / Ф.Ф. Боечко. – Київ : Вища школа, 1995. – 536 с.
7. Боечко Ф. Ф., Боечко Л. О., Чепчуренко Н. В. Біологічна хімія, частина І. / Ф. Ф. Боечко, Л. О. Боечко, Н. В. Чепчуренко – Черкаси: Вид. від ЧНУ імені Богдана Хмельницького, 2011. – 252 с.
8. Бурьянов В.С. Обзор успехов и перспектив генно-инженерной биотехнологии растений. / В.С. Бурьянов. // Физиология растений. – 1999. – Т.46. – Вып.6. – С.930-944.
9. Гвоздев В.А. Механизмы регуляции активности генов в процессе транскрипции. / В.А. Гвоздев. // Соросовский образовательный журнал. – 1996. – № 1. – С. 23–31.
10. Глик Б. Молекулярная биотехнология. Принципы и применение. /

Б. Глик, Дж. Пастернак. [Под ред. Н.К. Янковского]. – Москва : Мир, 2002. – 585 с.

11. Зенгер В. Принципы структурной организации нуклеиновых кислот. / В. Зенгер. – Москва : Мир, 1987. – 584 с.

12. Киселев Л.Л. Геном человека и биология XXI века / Л.Л. Киселев. // Вестник РАН 2000. – Т. 70. – Вып.5. – С. 412–424.

13. Коротяев А.И. Молекулярная биология и медицина. / А.И. Коротяев, Н.Н. Лищенко. – Москва : Медицина, 1987. – 288 с.

14. Ланцов В.А. Репарация ДНК и канцерогенез: универсальные механизмы репарации у про- и эукариот и последствия их повреждения у человека / В.А. Ланцов. // Молекулярная биология. – 1998. – Т. 32. – Вып. 5. – С. 757–772.

15. Мартин Й. Фолдинг белка, протекающий с участием шаперониновой системы GroEl/GroEs. / Й. Мартин. // Биохимия. – 1998. – Т.63. – Вып.4. – С. 444–452.

16. Ніколайчук В.І. Генетична інженерія : Підручник для студентів біол. спеціальностей вищих закладів освіти. / В.І. Ніколайчук, І.Ю. Горбатенко. – Ужгород, 1999. – 188 с.

17. Патрушев Л.И. Экспрессия генов. / Л.И. Патрушев. – Москва : Наука, 2000. – 830 с.

18. Рис Э. Введение в молекулярную биологию : От клеток к атомам. [Пер. с англ.] / Э. Рис, М. Стернберг. – Москва : Мир, 2002. – 142 с.

16. Самуилов В.Д. Программируемая клеточная смерть. / В.Д. Самуилов, А.В. Олескин, Е.М. Лагунова. // Биохимия. – 2000. – Т. 65. – Вып. 8. – С. 1029–1046.

19. Сингер М. Гены и геномы : в 2-х томах. / М. Сингер, П. Берг. – Москва : Мир, 1998. – Т.1. – 377 с.; Т. 2. – 394 с.

20. Спириин А.С. Молекулярная біологія : Структура рибосомы и биосинтез белка. / А.С. Спириин. – Москва : Высшая школа, 1986. – 303 с.

21. Спириин А.С. Молекулярная биология : Структура и біосинтез

нуклеиновых кислот. / В.И. Агол, А.А. Богданов, В.А. Гвоздев и др.; [Под ред. А.С. Спирина.] – Москва : Высш. шк., 1990. – 352 с.

22. Спирин А.С. Регуляция трансляции м-РНК-связывающими факторами у высших эукариот / А.С. Спирин. // Успехи биологической химии. – 1996. – Т.36. – С. 3–48.

23. Степанов В.М. Молекулярная биология. Структура и функция белков. / В.М. Степанов. – Москва : Изд-во МГУ, Наука, 2005. – 336 с.

24. Тоцький В.М. Генетика. 2-е вид., виправл. та доп. / В.М. Тоцький. – Одеса : Астропринт, 2002. – 710 с.

25. Чемерис А.В. Секвенирование ДНК : монография / А.В. Чемерис, Э.Д. Ахунов, В.А. Вахитов; Отдел биохимии и цитохимии Уфимского научного центра РАН. – Научное издание. – Москва : Наука, 1999. – 429 с.

26. Щелкунов С.Н. Генетическая инженерия : Учеб.-справ. пособие. – 2-е изд., испр. и доп. / С.Н. Щелкунов. – Новосибирск : Сиб. унив. изд-во, 2004. – 496 с.

27. Биохимия и молекулярная биология / В.Эллиот, Д. Эллиот. Пер. С англ. О.В. Добрыниной, И.С. Севериной, Е.Д. Скоцеляс и др. – Москва : МАИК «Наука / Интерпериодика», 2002. – 446 с.

Методичні вказівки щодо самостійної роботи з навчальної дисципліни «Основи фізико-хімічної біології» для студентів денної форми навчання. Галузь знань 10 «природничі науки» спеціальність 101 – «Екологія» освітньо-професійна програма «Екологічна біотехнологія та біоенергетика»

Укладачі: д. б. н., проф. В. В. Никифоров,
старш. викл. О. О. Никифорова

Відповідальний за випуск. зав. кафедри к.х.н., доц. Т. Ф. Козловська

Підп. до др. _____ 2018 р. Формат 60x84 1/16. Папір тип. Друк ризографія.
Ум. друк. арк. _____. Наклад _____ прим. Зам. № _____. Безкоштовно.

Видавничий відділ
Кременчуцького національного університету
імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева 20, м. Кременчук, 39600