**ЛЕКЦІЯ № 2**

*Дисципліна Основи біології та генетики*

*освітня програма: «Психологія»*

*освітній рівень бакалавр*

*галузь знань: 05 Соціальні та поведінкові науки*

*спеціальність: 053 Психологія*

*Укладач: Бухальська С.Є.*

**ТЕМА:** Молекулярні основи спадковості. Реалізація спадкової інформації.

**МЕТА:** Забезпечити набуття студентами таких компетентностей:

*- інтегральна компетентність*: здатність трактувати загально-біологічні закономірності, що лежать в основі молекулярних процесів життєдіяльності людини.

 *- загальна компетентність:* здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу біологічних знань; здатність постійно навчатися та набувати сучасні знання на підставі досягнень молекулярної біології; здатність застосовувати набуті знання в майбутній практичній діяльності; знання та розуміння молекулярної біології, застосування цих знань в оволодінні суміжними фундаментальними дисциплінами та уміння використовувати їх у практиці;

- *спеціальна компетентність:* здатність використовувати в практичній діяльності психологічного працівника знань із молекулярних основ спадковості, механізмів розвитку спадкових і набутих захворювань людини.

**АКТУАЛЬНІСТЬ І НАУКОВО-МЕТОДИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ТЕМИ**:

 Встановлення структури ДНК відкрило нову епоху в біології, розкрило механізм точного відтворення собі подібних та кодування спадкової інформації, яка необхідна для регуляції її життєдіяльності. Щодо підготовки психологів знання з молекулярної біології сприятиме розумінню проблем людей зі спадковою патологією, зумовленою молекулярними змінами генотипу.

**МІЖДИСЦИПЛІНАРНА ІНТЕГРАЦІЯ**

*Таблиця 2.1.*

|  |
| --- |
| **Дисципліни** |
| 1. Попередні (забезпечуючі) дисципліни  | Загальна біологія, біохімія, молекулярна біологія |
| 2. Наступні дисципліни, ті що забезпечуються | Фундаментальні, професійно зорієнтовані |
| 3. Внутрішньо предметна інтеграція (між темами даної дисципліни) |  Основи генетики |

**ОСНОВНІ ЕТАПИ ЛЕКЦІЇ**

1. Підготовчий етап.
2. Основний етап. Викладення лекційного матеріалу за планом.
3. Заключний етап. Резюме лекції, загальні висновки. Відповіді на можливі запитання.
4. Завдання для самопідготовки студентів.

 **ПЛАН**

 І. Молекулярні основи спадковості та реалізації спадкової інформації

 1.1. Характеристика нуклеїнових кислот: ДНК і РНК. Властивості: реплікація ДНК. Підтримування генетичної стабільності клітин: самокорекція і репарація ДНК.

 1.2. Організація потоку інформації у клітині. Транскрипція. Процесинг, сплайсинг. Трансляція (ініціація, елонгація, термінація). Посттрансляційна модифікація білків.

 1.3. Регуляція експресії генів.

**ВИКЛАД ЛЕКЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ**

 І. Молекулярні основи спадковості та реалізації спадкової інформації.

Молекулярний рівень організації живого: Біологічна система має прояви на рівні функціонування **біологічно активни**х **макромолекул:** білків, нуклеїнових кислот, вуглеводів. На даному рівні розпочинаються найважливіші процеси життєдіяльності: кодування і передача спадкової інформації, обмін речовин і перетворення сонячної та хімічної енергій; йому властива стійкість молекулярних структур у ряді поколінь.

 **Нуклеїнові кислоти** (від лат. nuclеus-ядро) - полінуклеотиди, найважливіші біологічно активні біополімери, що складаються з великої кількості зв’язаних між собою нуклеотидів.

 **Нуклеотиди** – це складові НК, багатьох коферментів та інших біологічно активних сполук. Розрізняють 5 видів нуклеотидів, кожний з яких складається з ІІІ-х компонентів: *азотистої основи, залишку фосфатної кислоти*, залишку простого п’яти-вуглецевого цукру (пентози) **-** *рибози та дезоксирибози*. Азотисті основи – це похідні гетероциклічних сполук пурину та піримідину. *Пуринові основи* входять до складу нуклеотидів ДНК та РНК прокаріотів та еукаріотів. До них належать *аденін* і *гуанін*. *Піримідинові основи* – *цитозин, тимін*, генетичний *урацил*. Відповідно типові азотистої основи – нуклеотиди мають назву: *аденіновий*, *тиміновий*, *цитозиновий, урациловий*.

 Вуглеводи в нуклеїнових кислотах представлені простими п’яти-вуглецевими моносахаридами – пентозами: рибозою і дезоксирибозою.

йКількість нуклеотидів у молекулі нуклеїнових кислот від 80 (в молекулах т-РНК) до 30.000(у двоспіральних ДНК клітинних ядер).

 В природі існують нуклеїнові кислоти 2-х типів, які відрізняються за складною структурою і функціями: ДНК, РНК.

 ДНК та РНК відрізняються за вмістом азотистої основи та 5-вуглецевого вуглеводу.

 **ДНК**  **РНК**

**Азотиста основа: Азотиста основа:**

аденін, гуанін, тимін, цитозин аденін, гуанін, урацил, цитозин

**вуглевод:** дезоксирибоза С5Н10О4 **вуглевод:**  рибоза С5Н10О5 **залишок фосфатної кислоти** **залишок фосфатної кислоти**

Ланцюги ДНК переважно довші, ніж ланцюги РНК. Нуклеотиди з’єднуються в полімерні молекули РНК та ДНК фосфодіефірними містками (зв’язками). Кількість нуклеотидних ланок є досить різноманітна. ДНК має більшу молекулярну масу (млн-млрд дальтон). Так, молекулярна маса ДНК кишечної палички 25х109 дальтон, а число нуклеотидів 4,5х106..

 В 1953 році біохімік Дж. Уотсон (Великобританія) і фізик Ф.Крік (США) створили найбільшу молекулу ДНК, що має вигляд подвійної спіралі, містить увесь генетичний код, необхідний для побудови організму. Англійські вчені Р. Франклін та М. Уілкінс за допомогою ренгено-структурного аналізу ДНК визначили загальні параметри спіралі, її діаметр і відстань між витками. Відстань між сусідніми парами азотистих основ дорівнює 0,34 нм, діаметр спіралі дорівнює 2нм, повний оберт спіралі дорівнює 3,4нм.

 Подвійна спіраль, утворена двома полінуклеотидними ланцюгами, які закручені навколо загальної уявної осі. Між гетероциклічними парами азотистих основ двох ланцюгів утворюються водневі зв’язки, які спрямовані всередину. Між Гуаніновими та Цитозиновими нуклеотидами є *три водневі зв’язки*; а між Аденіновими та Тимідиновими нуклеотидами є *два водневі зв’язки*.

 **Властивості ДНК Компліментарність** - в молекулярній біології явище взаємного доповнення відповідних одна одній хімічних структур, яке забезпечує зв’язок між ними на основі їхніх властивостей. Комплементарна структура ДНК визначає універсальний хімічний механізм збереження і передачі генетичної інформації, оскільки завдяки їй можлива висока точність реплікації.

**Реплікація** – це властивість ДНК до самоподвоєння за принципом комплементарності.



*Схема 1. Реплікація молекули ДНК.*

 **Самокорекція.** Під впливом фізични*х* та хімічних чинниківвідбувається процес**денатурація** – руйнування водневих зв’язків між комплементарними азотистими основами. Спіральна ДНК повністю, або частково розкручується на окремі ланцюги і втрачає біологічну активність.

 Відновлення двоспіральної будови ДНК за рахунок встановлення водневих зв’язків між комплементарними нуклеотидами називається **ренатурацією.**

Під впливом чинників довкілля може змінюватись як структура, так і склад ДНК.

**Репарація** – відновлення первинної структури ДНК після мутації. Розрізняють такі види репарації:

* *Фотореактивація* – механізм, за якого ушкоджена ультрафіолетовими променями ДНК, за допомогою фотореактивуючого ферменту на світлі відновлює свою порушену структуру.
* *Ексцизійна репарація* – це механізм вирізання за допомогою ферментів –ендонуклеази з фрагменту ДНК порушених нуклеотидів. На основі неушкодженого ланцюга, який є матрицею, за принципом комплементарності полімераза здійснює ресинтез. Фермент лігаза приєднує новий фрагмент ДНК до неушкодженого.
* *Постреплікаційна репарація* – механізм за якого, матрицею є новий фрагмент, з якого утворюється копія, що заміщує ушкоджений ланцюг ДНК.

 ДНК може існувати у таких формах: ***А-форма*** повний оберт спіралі становить 2,8Ам, один виток має 11 пар азотистих основ. ДНК у такій формі виконує роль матриці під час транскрипції; ***В-форма*** переважає за нормальних фізіологічних умов, оберт спіралі 3,4нм містить 10 пар. Виконує роль матриці під час реплікації.

**Структура ДНК**

1. У 1951 році Е.Чаргафф сформулював такі закономірності складу ДНК:
2. Клітини різних тканин організму мають однаковий нуклеотидний склад ДНК.
3. Організми одного виду мають різний нуклеотидний склад.
4. Сума пуринових основ (А+Г) дорівнює сумі піримідинових (Т+Ц)
5. Кількість аденінових нуклеотидів дорівнює кількості тимінових нуклеотидів.
6. Кількість гуанінових нуклеотидів дорівнює кількості цитозинових.
7. ДНК кожного виду має коефіцієнт специфічності, що дорівнює

 Г + Ц

 Rsp = \_\_\_\_\_\_\_\_

А + Т

 **Функції ДНК** – хімічна основа хромосомного генетичного матеріалу (гена). Вагомими доказами ролі ДНК у передачі спадкової інформації є явища *трансформації* та *трансдукції* на рівні мікроорганізмів.

 **Трансформація** – включення чужорідної ДНК у бактеріальну клітину, тобто перенесення спадкової інформації від однієї доядерної клітини до іншої за участю ДНК бактерії-донора.

 **Трансдукція** – явище властиве вірусам. Залишаючи клітину, в якій вони паразитували, віруси можуть захоплювати з собою частину ДНК і, проникаючи у нові клітини, передавати їм властивості попередніх.

 **Рибонуклеїнова кислота** – це біополімер утворений переважно з одного полінуклеїнового ланцюга. Рибонуклеотид складається з залишків трьох молекул: азотичної основи(А, Г, У, Ц), пентози (рибоза), фосфатної кислоти.

Розрізняють такі види РНК:

* *рибосомна* *(рРНК)* 85% разом з білками утворює рибосоми, які забезпечують взаємо-розташування і-РНК та т-РНК;
* *транспортна (тРНК)* 10% “розпізнає” відповідну їй амінокислоту за допомогою ферменту аміноацил- синтетази та переносить її до рибосом –місце збірки білка, наявність атикодону на т-РНК допомагає знайти відповідний кодон на і -РНК під час синтезу білка;
* *про-інформаційна*, або незріла і-РНК – 2% синтезується на ДНК у ядрі і має інформовані ділянки про білок *екзони* та неінформовані ділянки - *інтрони;*
* *інформаційна* і-РНК або матрична (м-РНК); при проходженні про-іРНК через пори каріолеми здійснюється її *процесинг* - видалення інтронів, та *сплайсинг -* утворення активної форми і-РНК з екзонів;
* *низькомолекулярні* РНК входять до складу деяких ферментів, а також беруть участь в сплайсингу.

*Біологічна роль РНК* полягає в збереженні, реалізації та передачі спадкової інформації і забезпечує біосинтез білків.

**Організація потоку інформації у клітині**

 ***Експре́сія ге́нів****— процес, при якому спадкова інформація****генів****(нуклеотидна послідовність) використовується для синтезу функціонального продукту: білка або РНК. Якщо кінцевим продуктом є білок, процес****експресії генів****називається біосинтезом білків, а****ген****— білок-кодуючим (англ. protein-encoding gene).*

Сукупність реакцій біохімічного синтезу, внаслідок яких із речовин, що надійшли в клітину, синтезуються необхідні для неї сполуки, називається ***пластичним обміном***. До процесів пластичного обміну належать: біосинтез білків, біосинтез вуглеводів, біосинтез ліпідів, біосинтез нуклеїнових кислот, фотосинтез, хемосинтез.

 **Генетичний код** – це встановлення відповідності між певною послідовністю нуклеотидів молекул ДНК і амінокислотами молекули білка.

Кожна амінокислота кодується трьома нуклеотидами ДНК, або комплементарними їй нуклеотидами інформаційної РНК – ***триплетами*.** Чотири нуклеотиди з азотистими основами Аденін, Гуанін, Тимін, Цитозин можуть утворювати 64 варіанти триплетів, які за вийнятком трьох, стоп-кодонів (УАА, УАГ, УГА), відповідають 20-ти амінокислотам.

 Генетичний код характеризується наступними властивостями:

* *триплетністю* - три нуклеотиди кодують одну амінокислоту;
* *виродженістю* - одну амінокислоту можуть кодувати кілька різних триплетів, що підвищує надійність генетичного коду, наприклад, фенілаланін кодується двома триплетами (УУУ, УУЦ), ізолейцин - трьома (АУУ, АУЦ, АУА), пролін- чотирма (ЦЦУ, ЦЦЦ, ЦЦА, ЦЦГ), серин – шістьма (УЦУ, УЦЦ, УЦА, УЦГ, АГУ, АГЦ);
* *не перекриванням* – кодування амінокислот відбувається в певному порядку;
* *універсальністю* – всі живі організми мають однаковий код для відповідних амінокислот;
* *однозначністю* – кожний окремий кодон кодує тільки один амінокислотний залишок;
* *компактністю* – між кодонами в і-РНК немає нуклеотидів, які не входять у послідовність кодонів даного гена;
* *колінеарністю* ***–*** відповідністю між послідовностями кодонів нуклеїнових кислот і амінокислот у поліпептидному ланцюзі.

 **Етапи біосинтезу білків**

 Перший етап – **транскрипція** – передача інформації про структуру білка з молекули ДНК на РНК, відбувається в ядрі, охоплює такі процеси):

* подвійний ланцюг ДНК на певному відрізку роз’єднується під дією ферменту РНК-полімерази;
* на одному з ланцюгів за принципом комплементарності синтезується про-іРНК, яка повторює послідовність нуклеотидів певної ділянки молекули ДНК; про-іРНК (первинний транскрипт) зв’язується з ядерними білками і утворює рибонуклеопротеїни;
* первинний транскрипт містить інформовані ділянки про структуру білка – *екзони*, та не інформовані ділянки - *інтрони*;
* при проходженні про-іРНК через пори каріолеми здійснюється її *процесинг* - видалення інтронів, та *сплайсинг -* утворення активної форми і-РНК з екзонів;
* і-РНК звільняється від зв’язаних із нею гістонів і мігрує з ядра в цитоплазму, а саме на гранулярну ЕПС, де знаходяться рибосоми – місце збірки білка з амінокислот; молекула ДНК відновлює свою структуру.

 Розміри молекули і-РНК визначаються обсягом інформації про розміри молекули білка, закодованої в ній. Чим довша молекула і-РНК, тим більша білкова молекула. Молекулярна маса і-РНК становить 2 млн у.о.

 Другий етап – **активація амінокислот** – конденсація їх з АТФ за участю відповідних ферментів з утворенням аміноацил – т-РНК, відбувається в цитоплазмі.

* кожна з 20 амінокислот за допомогою ковалентного зв’язку і АТФ приєднується до певної т-РНК;
* молекула т-РНК має чотири активні ділянки: одна з ділянок у всіх т-РНК однакова (ЦЦА) і служить для прикріплення амінокислоти, друга ділянка кодує відповідну амінокислоту, третя містить антикодон – три нуклеотиди, які комплементарні кодону і-РНК, четверта служить для орієнтації та руху аміноацил-т-РНК до місця синтезу білка;
* активовані амінокислоти надходять до рибосом.

 Третій етап – **трансляція** –процес безпосереднього синтезу поліпептидного ланцюга – переклад послідовності нуклеотидів у молекулі і-РНК у послідовності амінокислотних залишків молекули білка, відбувається на рибосомах в гранулярній ЄПС.

 *Ініціація* – початок трансляції – триплет АУГ, що кодує амінокислоту метіонін, утворює ініціативний комплекс, який дає сигнал про початок синтезу поліпептидного ланцюга.

 *Елонгація* – багато повторюваний процес: і-РНК зв’язана з рибосомою таким чином, що опиняється між її двома субодиницями; рибосома рухається зліва направо по і-РНК і складає білкову молекулу. Рибосома має функціональний центр – розміри відповідають довжині двох триплетів. В одній частині функціонального центру антикодон т-РНК розпізнає кодон і-РНК, а в іншій - амінокислота звільняється від т-РНК і кріпиться до рибосоми. Приєднання другої амінокислоти до попередньої відбувається на тій же рибосомі, але на наступному кодонові і-РНК, утворюючи з нею пептидний зв’язок з відщепленням молекули води. Далі рибосома робить наступний крок по і-РНК, а на її місце надходить друга, третя і т.д. Молекули і-РНК з нанизаними на неї рибосомами називають *полісомою*.

 *Термінація* – закінчення трансляції: і-РНК містить стоп-кодон, який не кодує амінокислоти, а сигналізує про завершення синтезу білкової молекули. Рибосома залишає і-РНК, а білок від’єднується від рибосоми і йде в ЕПС, по якій транспортується у певну ділянку клітини.

Четвертий етап – *посттрансляційна модифікація* – білок набуває природної структури – утворює певну просторову конфігурацію (спіраль, клубок). У поліпептид поєднується близько 20 амінокислот за 1 секунду, білкова молекула середніх розмірів синтезується за 20-60 секунд. Середня тривалість існування синтезованого білка складає близько двох діб.

 **Регуляція експресії генів** базується на складних біологічних процесах, що визначають швидкість синтезу і розпаду генетичного продукту.

Для більшості клітин еукаріот стадія ініціації та транскрипції є основною, головною регуляторною точкою експресії активності генів. Особливості:

* місце процесів транскрипції (у ядрі) і трансляції (у цитоплазмі);
* активування транскрипції в еукаріот пов’язане з безліччю складних змін структури хроматину;
* у клітинах еукаріотів переважають позитивні регуляторні механізми над негативними.

 Позитивна або негативна регуляція визначається типом білків, залучених у механізм регуляції. Отримані докази існування білків, що беруть участь у регуляції процесу ініціації транскрипції, опосередкованого через РНК-полімеразу: специфічні чинники, репресори та активатори. Перші викликають зміну специфічності РНК-полімерази до даного промотора або групи промоторів; репресори зв’язуються з промотором, блокуючи тим самим доступ РНК-полімерази до промотора; активатори, навпаки, зв’язуються поблизу промоторної ділянки, підвищують зв’язування промотора і РНК-полімерази.

 У еукаріот виділено п’ять регуляторних білків, що отримали назву чинників транскрипції (ТF: IIA, IIВ, IID i IIF). Вони необхідні для розпізнавання ділянки (сайту) ДНК, названого ТАТА (сопсеnsuns послідовності, ТАТАААА).

 В еукаріот вивчена група білків, що отримали назву *білків-активаторів* *транскрипції.* Ці білки мають специфічні структурні домени для зв’язування з іншими, але певними регуляторними нуклеотидними послідовностями в молекулі ДНК. Зокрема, вони містять домен, що специфічно зв’язується з ДНК, і один або декілька доменів, необхідних для активування або взаємодії з іншими регуляторними білками. Серед цих білків-активаторів транскрипції є білки, що містять багаті глутаміном і проліном домени. Переважно регуляторні білки активують транскрипцію не прямо, а опосередковано - через проміжні білки, названі коактиваторами.

 У регуляції генної експресії в еукаріотичних клітинах беруть участь процеси, що здійснюють регуляторну дію на різних рівнях експресії генів:

 *- на рівні структурної організації геному* регуляція здійснюється за рахунок наявності специфічних послідовностей нуклеотидів, генних перебудов (рекомбінації генів), ампліфікації генів.

 *- на рівні транскрипці ї*- аналогічно з індукцією ферментів у бактерій і в цьому випадку в клітинах тварин повинні діяти аналогічні репресори. З молекулою ДНК у еукаріот пов’язані гістони, тому вважається, що саме ці білки виконують роль репресорів. На рівні транскрипції регуляторними механізмами є вплив сигналів посилення (енхансерів) та послаблення (атенюаторів) транскрипції. Регуляція біосинтезу білків на рівні транскрипції має місце в організмі людини. Наприклад, стероїдні гормони і тироксин взаємодіють з хроматином, стимулюють синтез деяких мРНК і відповідно білків.

 - *на рівні трансляції* – за рахунок регуляції зворотного фосфорилювання – дефосфорилювання білкових факторів трансляції, а також регулюється шляхом специфічної вибіркової взаємодії рибосом із певними молекулами мРНК.

**ПИТАННЯ ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ**

1. Молекулярні основи спадковості.
2. Нуклеїнові кислоти: ДНК та РНК, їх характеристика.
3. Організація потоку інформації у клітині. Генетичний код. Біосинтез білка, його етапи.
4. Особливості регуляції експресії генів

**ЗАВДАННЯ ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ**

1. Один із ланцюгів ДНК має таку будову: ТАЦ-ТГГ-ТЦА-ГТГ-ТАГ. Яка послідовність нуклеотидів у другому ланцюзі цієї молекули ДНК? Визначте довжину і масу фрагмента ДНК.

а) АТГ-АЦЦ-АГТ-ЦАЦ-АТЦ;

б) ГАЦ-ТЦГ-ТЦА-ГАГ-ТАГ;

в) УАЦ-ТАГ-ТЦА-ГЦГ-ТАГ;

г) ЦАЦ-ЦГГ-ТЦА-ГЦГ-ЦАГ;

д) ТЦГ-ТЦГ-ТЦЦ-ГТГ-ТАГ.

1. Білок окситоцин кодується таким фрагментом молекули ДНК: ТГТ-ТАТ-ТАТ-ГАА-ГАТ-ТГТ-ЦЦТ-ГАА-ГГТ. Визначте довжину та масу фрагмента молекули ДНК; амінокислотний склад білка окситоцин.
2. Один із ланцюгів РНК має таку будову: УАГ-ГУГ-АЦУ-УГА-УАЦ. Яка послідовність нуклеотидів у комплементарному ланцюзі молекули ДНК? Визначте довжину і масу фрагмента молекули РНК.
3. Білок рибонуклеаза складається з 124 амінокислот. Визначте кількість нуклеотидів, довжину й масу ДНК, що кодує цей білок

**НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЛЕКЦІЇ**

1. Сабадишин Р.О., Бухальська С.Є. Медична біологія: підручник для студ. мед. закладів вищої та фахової передвищої освіти 3-тє вид., зі змінами та допов. – Вінниця: НОВА КНИГА, 2020. - 344 с.: іл. ISBN 978-966-382-829-9
2. Барна І. В., Барна М. М. Біологія. Задачі та розв’язки. Навчальний посібник у 2-х частинах. – Тернопіль : Мандрівець, 2000. – 160 с.
3. Медична біологія : підруч. для студ. вищих мед. навч. закл. III–IV рівнів акредитації / В. П. Пішак [та ін.] ; ред. В. П. Пішак. – Вінниця : НОВА КНИГА, 2004. – 656 c.
4. Медична генетика: Підручник для мед. ВНЗ ІІІ–ІV рів. акред. Рекомендовано МОЗ / За ред. О. Я. Гречаніної. – К., 2007. – 536 с.
5. Медична паразитологія / В. П. Пішак, Т. М. Бойчук, Т. Є. Дьякова та ін. –. Чернивці, 2003. – 264 с.
6. Медична біологія : посіб. з практ. занять / О. В. Романенко, М. Г. Кравчук, В. М. Грінкевич та ін. ; за ред. проф. О. В. Романенка. – К. : Здоров’я, 2005. – 372 с.
7. Слюсарєв А. О., Самсонов О. В., Мухін В. М. та ін. Біологія: Навч. посібник / За ред. та пер. з рос. В. О. Мотузного. – 3-тє вид. – К. : Вища шк., 2002 р. – 622 с.
8. Тарасюк В. С., Титаренко Г. Г., Паламар І. В. та ін. Ріст і розвиток людини. – К.: Здоров’я, 2002 р. – 269 с.
9. Тейлор Д., Грин Н., Стаут У. Биология : В 3-х т. : Пер. С англ. / Под ред. Р. Сопера – 3-е изд., – М. : Мир, 2005. – 454 с., ил.
10. Широбоков В. П., Янковський Д. С., Димент Г. С. Мікробна екологія людини з кольоровим атласом. Навчальний посібник. – К. : ТОВ «Червона Рута-Турс», 2009. – 312 с. (з кольоровими ілюстр.).