

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій  
імені С. З. Гжицького

*Наталія Шемедюк  
Анастасія Костинюк*

для студентів спеціальності  
162 «Біотехнології та біоінженерія»

# Біологія клітини

лабораторні та  
самостійна роботи

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
*Львівський національний університет ветеринарної медицини та  
біотехнологій імені С.З. Гжицького*

**Наталія Шемедюк**  
*Анастасія Костинюк*

**Біологія клітини**  
навчально-методичний посібник  
для студентів спеціальності  
**162 «Біотехнології та біоінженерія»**

**Львів – 2020**

УДК: 577.2

Навчально-методичний посібник затверджено на засіданні кафедри біотехнології та радіології, протокол №11-1 від 21.05.20 р. та на засіданні науково-методичної ради факультету харчових технологій та біотехнології, протокол №5 від 25.11.20 р.

Рецензенти:

д. б. н., доцент кафедри загальної та біологічної хімії ЛНУВМБ імені С. З. Гжицького С. С. Грабовський

к. с.-г. н., доцентка кафедри садово-паркового господарства Хортицької національної академії Н. П. Дерев'яноко

к. х. н., доцентка кафедри технології біологічно активних сполук, фармації та біотехнології Національного університету «Львівська політехніка» О. З. Комаровська-Порохнявець

Рекомендовано Львівським національним університетом ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького як навчально-методичний посібник для студентів спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія».

Біологія клітини: навчально-методичний посібник / [авт.-уклад. Шемедюк Н.П., Костинюк А. К. ] – Львів: Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького, 2020. – 140 с.

Навчально-методичний посібник укладено для студентів спеціальності 162 Біотехнології та біоінженерія. У посібнику рекомендовано до виконання лабораторні роботи з дисципліни «Біологія клітини», описано методи цитології та суть їх виконання. Наприклад, методи, які характеризують хімічний склад клітини, функціональні особливості клітини, методи оптичної мікроскопії, гістології. Розроблено тестові завдання, завдання для самостійної роботи. Підібраний матеріал відповідає робочій програмі з дисципліни «Біологія клітини» для студентів факультету харчових технологій та біотехнології ЛНУВМБ імені С. З. Гжицького спеціальності 162 Біотехнології та біоінженерія.

УДК: 577.2

© Шемедюк Н.П.,  
Костинюк А. К. 2020 рік  
© Львівський національний  
університет ветеринарної  
медицини та біотехнологій  
імені С. З. Гжицького, 2020 рік

## ЗМІСТ

### ВСТУП

<b>ЧАСТИНА 1. ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ.....</b>	<b>7</b>
<b>ПРАВИЛА РОБОТИ У ЛАБОРАТОРІЇ.....</b>	<b>7</b>
<b>ПЕРЕЛІК ПРИЛАДІВ ДЛЯ БАЗОВОГО ОБЛАДНАННЯ ЛАБОРАТОРІЇ.....</b>	<b>10</b>
<b>Лабораторна робота №1. Хімічний склад клітини. Виділення дезоксирибонуклеопротейну з селезінки тварин.....</b>	<b>11</b>
<b>Лабораторна робота №2. Методи цитологічних досліджень. Світлова мікроскопія.....</b>	<b>13</b>
<b>Лабораторна робота №3. Методи цитологічних досліджень. Виготовлення тимчасових мікропрепаратів шкірки луски цибулі, зішкрібку скоринки хліба (покритого плісінню), зразка водорості, хлорофітума.....</b>	<b>23</b>
<b>Лабораторна робота № 4. Методи цитології у дослідженні бактерій. Методи виготовлення препаратів для світлової мікроскопії.....</b>	<b>28</b>
<b>Лабораторна робота № 5. Структура прокаріотичної клітини. Грампозитивні та грамнегативні бактерії.....</b>	<b>35</b>
<b>Лабораторна робота №6. Структура прокаріотичної клітини. Виділення загальної (тотальної) ДНК із культури бактерій.....</b>	<b>39</b>
<b>Лабораторна робота №7. Транспорт речовин через цитоплазматичну мембрану. Рослинна клітина як осмотична система. Явище плазмолізу і деплазмолізу.....</b>	<b>41</b>
<b>Лабораторна робота № 8. Транспорт речовин через мембрану. Порівняльна здатність проникності плазмолемі і тонопласта.....</b>	<b>46</b>
<b>Лабораторна робота №9. Цитоплазма. Визначення в'язкості цитоплазми рослин методом центрифугування.....</b>	<b>48</b>
<b>Лабораторна робота №10. Органон клітини. Вплив деяких факторів на швидкість руху цитоплазми у клітинах.....</b>	<b>51</b>
<b>Лабораторна робота № 11. Органон клітини. Приготування гістологічного препарату для світлової та електронної мікроскопії...55</b>	<b>55</b>
<b>Лабораторна робота №12. Відтворення клітини. Цитогенетичні основи мітозу, мейозу.....</b>	<b>66</b>
<b>Лабораторна робота № 13. Індивідуальна характеристика хромосом людини. Визначення Х-хроматину.....</b>	<b>73</b>
<b>Лабораторна робота №14. Дослідження життєздатності клітин субстратзалежної та суспензійної культури.....</b>	<b>81</b>
<b>Лабораторна робота №15. Одержання стовбурових клітин.....</b>	<b>84</b>
<b>ЧАСТИНА 2. САМОСТІЙНА РОБОТА СТУДЕНТА.....</b>	<b>86</b>

<b>1. Перелік тем для самостійної роботи з рекомендованим планом їх вивчення.....</b>	<b>86</b>
<b>2. Приклад варіантів підсумкового контролю знань.....</b>	<b>87</b>
<b>3. Тестові завдання.....</b>	<b>89</b>
<b>4. Перелік питань для підготовки до іспиту.....</b>	<b>125</b>
<b>РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА.....</b>	<b>132</b>
<b>ІНТЕРНЕТ-РЕСУРСИ.....</b>	<b>137</b>

## ВСТУП

Біологія клітини є основою сучасних біотехнологій, зокрема клітинної інженерії. Знання дисципліни є фундаментальними для біотехнологій одержання біологічно активних речовин, екобіотехнології, біотехнології відтворення організмів.

У навчально-методичному посібнику описано теоретичні основи методів цитології та рекомендовано до виконання лабораторні роботи. Наприклад, лабораторні роботи із застосуванням методів оптичної мікроскопії, гістології, біохімії, цитогенетики, методу одержання стовбурових клітин. Витлумачено деякі теоретичні відомості щодо принципів хімічного складу, структури і функціонування клітини, клітинного органону.

Ефективним засобом підготовки студентів, розвитку пізнавальної зацікавленості, самостійного мислення і формування творчих здібностей є самостійне вивчення матеріалу. У другій частині наведено теми самостійної роботи студента та план їх вивчення. Для закріплення набутих знань, самоконтролю пропонуються тестові завдання та питання для підготовки до іспиту. Для можливості опанування навчального матеріалу сформовано список рекомендованої літератури.

Вивчення дисципліни спрямоване на формування наступних компетентностей студента:

- вміння характеризувати, виявляти, аналізувати особливості будови і властивості макромолекул, які є складовою частиною живої клітини;
- знання основних концепцій структурної організації органодів, мембран;
- володіння експериментальними цитологічними методами;
- вміння підібрати, застосовувати вірний метод для розв'язання конкретного завдання;
- володіння культурою мислення, здатність до узагальнення, аналізу, сприйняття інформації, визначення мети і вибір шляхів її досягнення;
- прагнення до саморозвитку, підвищення кваліфікації і професійної майстерності, набуття нових методологічних, технічних, технологічних знань, умінь, прийомів у проведенні експериментальних досліджень.

## ЧАСТИНА 1. ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ

### ПРАВИЛА РОБОТИ У ЛАБОРАТОРІЇ

1. Під час роботи у лабораторії виконуйте тільки ту роботу, яку Вам доручено.

2. Під час виконання роботи дотримуйтесь правил поведінки у лабораторії (не відволікайте увагу товаришів, не залишайте без нагляду своє робоче місце, розпочату роботу).

3. Підтримуйте порядок робочого місця (на робочому місці не повинно бути непотрібних для роботи речей, наприклад, сумок, портфелів, тощо).

4. Працюйте лише за закріпленим за Вами місцем у лабораторії.

5. Використовуючи речовин для досліду, звертайте увагу на етикетку. У тому разі, коли виникає сумнів щодо відповідності вмісту флакону надпису на етикетці, звертайтеся до викладача або лаборанта.

6. Розпочинаючи роботу, уважно ознайомтесь із завданням та правилами з охорони праці, обладнанням, матеріалами.

7. Хімічні реакції необхідно проводити за умов і у кількостях, концентраціях реагентів, які пропонуються у методичній літературі. Для проведення хімічних реакцій використовуйте зазначений у методичних матеріалах посуд і прилади.

8. Нагрівання вмісту пробірок відбувається поступово за допомогою пробіротримача чи штативу. Пробірка спрямовується в напрямку від себе і свого товариша. Не нахиляйтесь над пробіркою, в якій кипить рідина.

9. Якщо потрібно ідентифікувати речовину за запахом, спрямовуйте до себе випари з пробірки помахом вільної руки.

10. Реактиви не пробуйте на смак, не пийте з хімічного посуду.

11. Досліди з леткими речовинами проводьте у витяжній шафі.

12. Роботи з бензолом, етерами та спиртами проводяться на певній відстані від полум'я, у витяжній шафі.

13. Розчиняйте сульфатну кислоту у воді шляхом внесення кислоти до води невеликими порціями, весь час помішуючи розчин. Майте на увазі, що при розчиненні сульфатної кислоти, відбувається нагрівання розчину.

14. Зливати у раковину кислоти та лужні розчини можна після їх нейтралізації лугами чи кислотами відповідно.

15. Розлиті кислоти та лужні розчини присипати піском або нейтралізувати, лише після цього проводити прибирання.

16. У разі виявлення порушення правил безпеки, повідомляйте

викладача або лаборанта.

17. Після закінчення роботи поприбирайте робоче місце, вимийте посуд. Повідомте лаборанта або викладача про завершення роботи, підпишіть зошит.

### **СУВОРО ЗАБОРОНЯЄТЬСЯ**

1. Вмикати силові та освітлювальні рубильники без дозволу.
2. Проводити роботи з хімічними речовинами у лабораторіях без загальної витяжної вентиляції.
3. Тримати у приміщенні особистий одяг та інші речі.
4. Їсти у приміщенні.
5. Залишати без догляду запалені горілки та нагрівальні прилади.
6. Проводити роботу без наявності спецодягу (халатів).
7. Залишатися працювати в лабораторії одному. Обов'язкова присутність другої особи для забезпечення надання допомоги.

**НЕАКУРАТНІСТЬ, НЕУВАЖНІСТЬ, НЕДОСТАТНЯ ОБІЗНАНІСТЬ З РОБОТОЮ ПРИЛАДІВ ТА ВЛАСТИВОСТЯМИ РЕАГЕНТІВ, ПРАВИЛАМИ БЕЗПЕКИ МОЖЕ ПРИЗВЕСТИ ДО НЕЩАСНИХ ВИПАДКІВ !!!**

### **РЕЧОВИНИ, ЯКІ ВИМАГАЮТЬ ОБЕРЕЖНОГО ПОВОДЖЕННЯ:**

1. **Нітратна кислота.** Концентрована кислота спричиняє опіки шкіри. Випари нітратної кислоти подразнююче діють на слизову оболонку дихальних шляхів, очей. Нітратна кислота може вибухати при взаємодії зі скипидаром та спиртом, солями пікринової кислоти, карбідами та порошками металів.

2. **Ацетон.** Летка речовина. Зберігати у колбах з притертим корком.

3. **Луг.** При потраплянні на шкіру та слизові оболонки спричиняє опіки. Зберігається у сухому місці.

4. **Сульфатна кислота.** При потраплянні на шкіру спричиняє важкі опіки, при потраплянні у дихальні шляхи – подразнення слизових оболонок.

5. **Хлоридна кислота.** Спричиняє опіки шкіри. Випари спричиняють опіки слизових оболонок.

6. **Ацетатна кислота.** Спричиняє важкі опіки шкіри, випари – опіки слизових оболонок. Під час взаємодії з нітратною кислотою та Натрію пероксидом може спалахнути. Гасити водою.

***Основні правила поведіння у боксі для роботи з культурою клітин, під витяжною шафою:***



- 1) безпечне поводження з електричним, газовим обладнанням, з водовідведенням;
- 2) всі прилади, що використовуються для культивування клітин повинні бути заземлені, розетки та вмикачі знаходяться у доступній та безпечній зоні;
- 3) робота студентів повинна відбуватись лише за присутності відповідального персоналу;
- 4) вмикати та вимикати прилади, узгодивши з відповідальним персоналом;
- 5) робота в культуральній лабораторії повинна відбуватись у максимально допустимій тиші, без сторонніх шумів та відволікаючих подій;
- 6) перед початком роботи під ламінаром чи витяжною шафою слід максимально зручно обладнати робоче місце (висоту стільця, доступ до посуду, автоматичних піпеток, газового або спиртового пальника);
- 7) перед початком роботи у ламінарному боксі слід з'ясувати ступінь біологічної безпеки об'єкта дослідження: лінії клітин, первинної культури;
- 9) максимально дотримуватись правил та навиків стерильної роботи у ламінарному боксі;
- 10) перед роботою з леткими речовинами переконайтесь, що працює витяжна система шафи, не залишайте відкоркованими флакони, пробірки;
- 11) після закінчення роботи прибрати робоче місце та прозвітувати про виконану роботу.

## **ПЕРЕЛІК ПРИЛАДІВ ДЛЯ БАЗОВОГО ОБЛАДНАННЯ ЛАБОРАТОРІЇ:**

1. Ваги аналітичні;
2. Камера для горизонтального електрофорезу;
3. Камера для вертикального електрофорезу;
5. Морозильна камера;
6. Мікроскопи;
7. CO<sub>2</sub> інкубатор;
8. Вортекс;
9. pH-метр;
10. Термостат;
11. Магнітна мішалка;
12. Шейкер;
13. Центрифуга/вортекс;
14. Дистилятор;
15. Охолоджуюча центрифуга;
16. Автоклав;
17. Ламінарна шафа II класу захисту;
18. Мікротом.

## Лабораторна робота №1

### Тема: Хімічний склад клітини.

#### Виділення дезоксирибонуклеопротейну з селезінки тварин

*Мета роботи: освоєння методу виділення дезоксирибонуклеопротейну з селезінки тварин*

#### **Завдання:**

1. Виділити дезоксирибонуклеопротейн із селезінки тварин.
2. Якісно довести наявність у пробірці дезоксирибонуклеопротейну.
3. У висновку занотувати результат проведеної роботи.

#### *Обладнання, матеріали та реактиви:*

Ступка, хімічна склянка, центрифужні – 4 шт., пробірки, центрифуга, водяна баня, пісок, дерев'яна паличка;  
 1М NaCl;  
 1н HCl;  
 дистильована вода;  
 0,4% NaOH;  
 дифеніламіновий реактив.

Характерною особливістю нуклеопротейнів є збільшення їх в'язкості у концентрованих розчинах NaCl. При осадженні із сольових розчинів нуклеопротейни випадають в осад у вигляді ниток. Дезоксирибонуклеопротейни від рибонуклеопротейнів відрізняють кольоровою реакцією. Так, ДНК з дифеніламіном надає розчину синього забарвлення, а РНК – зеленого.

#### **Хід роботи**

1. У ступці розітріть 2-3 г селезінки з невеликою кількістю піску;
2. Внесіть 70-80 мл 1М розчину NaCl, добре розітріть 10-15 хв.;
3. Одержаний в'язкий розчин внесіть у центрифужні пробірки, центрифугуйте 15 хв.;
4. У хімічну склянку внесіть шестикратний об'єм (відносно центрифугату) води, підкисленої 1н HCl, внесіть центрифугат. Утворені нитки нуклеопротейну намотайте на дерев'яну паличку і невелику їх кількість перенесіть у іншу пробірку для виконання кольорової реакції на дезоксирибозу.

5. Для розчинення дезоксирибонуклеопротеїну у пробірку внесіть 1 мл 0,4% NaOH, перемішайте;
6. У розчин внесіть 1 мл дифеніламінового реактиву (до повного розчинення осаду), витримайте у киплячій водянй бані 15-20 хв. Спостерігайте появу синього забарвлення.

**Висновки:**

---

---

---

---

---

---

---

---

**Контрольні питання:**

1. Поняття про клітину як живу систему, ємерджентність.
2. Які характеристики живої системи Вам відомі?
3. Хімічний склад клітини.
4. Функції основних органічних сполук.
5. Характеристика нуклеотидів як макроергічних сполук.
6. Ензими, функції ензимів.
7. Клітина як динамічна, відкрита система.
8. Клітина як інформаційна, самовідтворююча система.
9. Роль нуклеїнових кислот у еволюції живого.
10. Гіпотеза виникнення клітинної форми життя.
11. Чи можна вважати елементарною живою системою хлоропласт? Чому?
12. Чи можна вважати елементарною живою системою мітохондрію? Чому?
13. Гіпотеза виникнення ядра клітини.

**Лабораторна робота №2**  
**Тема: Методи цитологічних досліджень.**  
**Світлова мікроскопія**

*Мета: ознайомитись з будовою біологічного світлового та інвертованого мікроскопів; навчитись працювати з мікроскопом*

**Завдання:**

1. Вивчити правила користування мікроскопом.
2. Вивчити будову світлового мікроскопа, навчитись розраховувати роздільну здатність мікроскопа.
3. Ознайомитись з особливостями інвертованого мікроскопа.

*Обладнання, матеріали та реактиви:*

Мікроскопи

**Завдання 1. Вивчити правила користування мікроскопом.**

**Правила користування світловим мікроскопом:**

1. Поставити мікроскоп дзеркальцем освітлювальної системи від себе, а окуляром – до себе (у випадку, коли мікроскоп не оснащений стаціонарною освітлювальною системою).
2. Видалити пил з оптичних поверхонь за допомогою спеціально призначеної м'якої тканини.
3. Перевести у робоче положення об'єктив малого збільшення ( $\times 8$ ) так, щоб він був розташований у центрі отвору предметного столика (об'єктив фіксується зачіпкою револьверної системи). За допомогою відповідного гвинта перевести конденсор у верхнє положення та максимально відкрити діафрагму.
4. Наблизивши око до окуляра, за допомогою освітлювального дзеркальця відрегулювати освітлення поля зору (у випадку, коли мікроскоп не оснащено стаціонарною освітлювальною системою). У деяких випадках використання, наприклад матового білого чи блакитного світлофільтрів, дозволяє покращити якість отриманого зображення.
5. Покласти препарат на предметний столик так, щоб аналізована частина була розташована над отвором столика. Покривне скельце має бути зверху.
6. Рухами мікрогвинта спробувати знайти чітке зображення мікроскопічного об'єкта, сфокусувавши на ньому оптичну систему

мікроскопа.

7. Якщо препарат потрібно проаналізувати детальніше, то слід плавно, не змінюючи положення тубуса, перевести револьверну систему на об'єктив  $\times 40$ . При фокусуванні необхідно пам'ятати, що відстань між лінзою об'єктива та препаратом за малого ( $\times 8$ ) збільшення становить  $\approx 10$  мм, великого ( $\times 40$ ) – менше 1 мм.

8. Обережно, спостерігаючи збоку, плавними рухами макрогвинта встановити приблизний фокус, а, спостерігаючи в окуляр, за допомогою мікрогвинта остаточно сфокусувати зображення об'єкта. За різких поворотів макрогвинта можна роздавити скляний препарат об'єктивом і пошкодити сам об'єктив!

9. Для вивчення препарату за найбільшого збільшення на поверхню покривного скельця на місці зрізу нанести краплю імерсійної олії, повернути револьвер (спочатку піднявши тубус) так, щоб проти отвору предметного столика став об'єктив  $\times 90$ . Потім його опустити настільки, щоб фронтальна лінза занурилась у масло і, обертаючи мікрометричний гвинт, визначити його оптимальне положення для досягнення чіткого зображення.

10. Після вивчення препарату, повертаючи револьвер, перевести мікроскоп на мале збільшення, і тільки після цього зняти препарат.

### **Помилки під час роботи з мікроскопом.**

При вивченні препарату слід пам'ятати, що зазвичай досліджують тонкі зрізи органів (рідше – це розтягнута плівка або розщипаний шматочок тканини). Проте зріз через орган може пройти у різних площинах. Щоб свідомо сприйняти видиму картину та правильно прочитати препарат, треба насамперед визначити, у якій саме площині пройшов зріз та уявити будову цього органа.

Найхарактерніші помилки мікроскопіста-початківця:

1. Препарат покладено на предметний столик у перевернутому вигляді покривним скельцем униз. За малого збільшення його можна розглядати, але при спробах роздивитись препарат за великого збільшення скло може тріснути.

2. Препарат дуже забруднений – неможливо досягти чіткого зображення.

3. Лінзи мікроскопа, найчастіше об'єктива, забруднені. Дослідникові здається, що видимість погана через невірне налаштування мікроскопа.

4. Поле зору несподівано зробилось туманним, обриси препарату стали нечіткими. Це означає, що скло окуляра запотіло від дихання чи теплоти ока дослідника; можливо також, що на скло об'єктива

потрапили гліцерин або вода, які покрили не лише сам препарат, а й покривне скельце.

5. Незважаючи на всі зусилля дослідника, препарат погано освітлюється. Причина – закрита діафрагма або дуже опущений освітлювач.

6. Поле зору освітлене наполовину. Причина – невірне налаштування дзеркальця. Якщо ж освітлена половина поля зору відокремлюється різкою межею від неосвітленої, це означає, що револьвер неправильно переведено, й об'єктив не стоїть проти отвору предметного столика.

7. Іноді поле зору перекривається оправою світлофільтра, який міститься внизу освітлювача під діафрагмою. Треба поставити оправу на місце.

8. Під час переведення на велике збільшення дослідник не може знайти потрібного місця на препараті. Це трапляється, коли препарат погано закріплено, тому при переведенні об'єктива він зміщується. Причина може бути і іншою – мікроскоп погано центрований. Це можна виправити лише у майстерні.

9. Вивчаючи препарат, дослідник бачить якісь різкі структури у вигляді чітких стрічок, кіл тощо. Це зломи предметного або тріщини покривного скельця. Щось подібне можна побачити, якщо розглядати край покривного скельця, тоді під ним видно сухий бальзам, межі якого різко заломлюють світло.

10. Часто виникають непорозуміння через потрапляння на препарат сторонніх тіл. У збільшеному вигляді вони набувають дивовижної форми, бентежачи недосвідченого дослідника. Найчастіше так буває при вивченні тимчасових препаратів. Пухирець повітря здається кругом або кулею з різко окресленими темними краями. Ниточки паперу мають вигляд товстих блідих волокон або паличок із низкою прямокутних комірок усередині. Людська волосина позбавлена цих комірок і здається рівним, більш або менш рівномірно забарвленим довгим циліндром. На препаратах можна зустріти й осадки барвників, якими забарвлено зріз.

**Завдання 2. Вивчити будову світлового мікроскопа, навчитись розраховувати роздільну здатність мікроскопа.**

**Мікроскопом** називається прилад з певним розташуванням лінз у ньому, за допомогою яких досліджуваний об'єкт збільшується у сотні й тисячі разів.

Мікроскопи, які дають можливість вивчати різні прозорі об'єкти у

світлі, що проходить через лінзи, називаються *світловими* або *біологічними*.

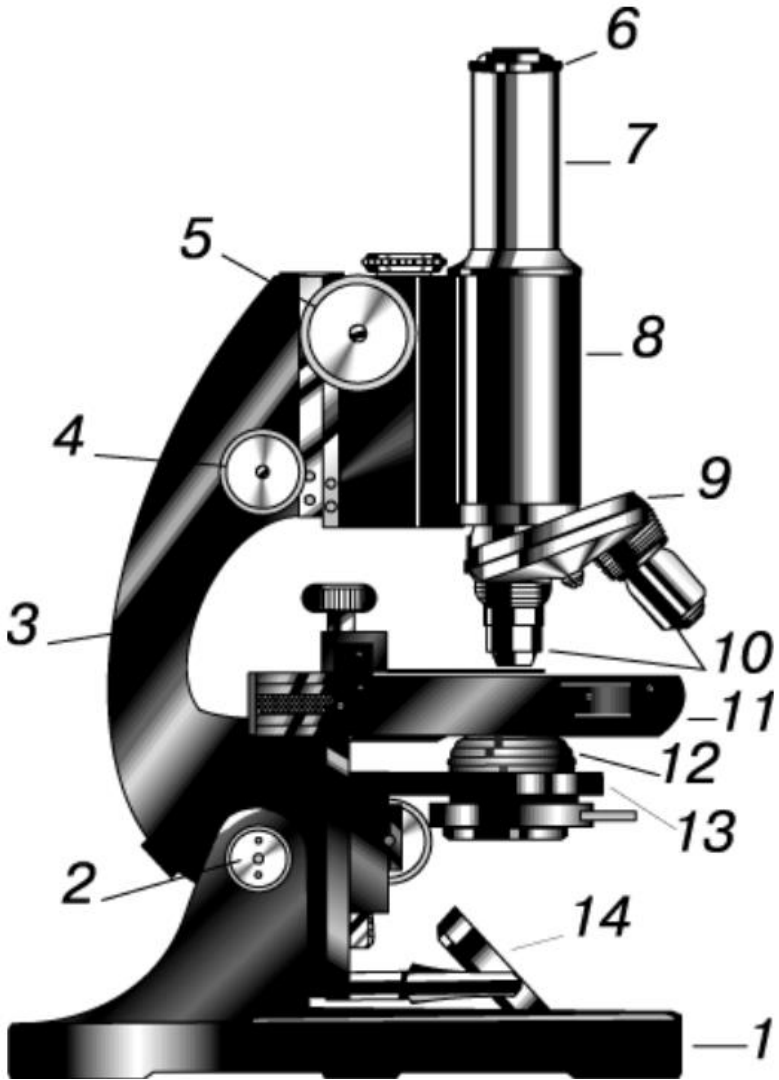
<p>Мікроскоп має механічну та оптичну системи.</p> <p>У механічній системі основними частинами є:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- прямокутна основа (1),</li> <li>- шарнір для нахилу (2),</li> <li>- нижній тримач (13),</li> <li>- штатив (3),</li> <li>- макрогвинт (5)</li> <li>- мікрогвинт (4),</li> <li>- предметний столик (11),</li> <li>- тубус (8),</li> <li>- тримач окуляра (7),</li> <li>- револьвер з отворами для об'єктивів (9).</li> </ul> <p>Рух системи забезпечується обертанням макрометричного і мікрометричного гвинтів.</p> <p>Оптичні компоненти включають системи лінз:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- об'єктив (10),</li> <li>- окуляр (6).</li> </ul> <p>Освітлювальна система:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- конденсор (12),</li> <li>- дзеркальце (14).</li> </ul>	 <p>The diagram shows a light microscope with the following numbered parts: 1 - base, 2 - hinge, 3 - stand, 4 - micro-screw, 5 - macro-screw, 6 - eyepiece, 7 - eyepiece holder, 8 - tube, 9 - objective turret, 10 - objective lens, 11 - stage, 12 - condenser, 13 - lower support, 14 - mirror.</p>
---	---

Рис. 1. Будова світлового мікроскопа

Функція освітлювальної системи – збирання, фокусування світлових променів, що необхідно для мікроскопічного аналізу. Дзеркальце має плоску та ввігнуту поверхні (перша використовується, коли джерело променів міститься далеко, а друга, – коли джерело розташоване близько від мікроскопа). Конденсор з апертурною діафрагмою (під конденсором) та оправами для світлофільтра теж



складова освітлювальної системи. Функція конденсора – збирання і фокусування світла. Утворюючи світловий конус, він висвітлює досліджуваний об'єкт.

Зазвичай при роботі із мікроскопом конденсор піднімають угору (за допомогою гвинта, що розташований знизу та збоку від столика мікроскопа). Діафрагму відкривають настільки, щоб пропустити вузький пучок світла, який має освітлювати все поле зору. Зібрані конденсором промені проходять крізь напівпрозорий препарат і потрапляють в об'єктив, складна система лінз якого формує збільшене перевернуте зображення об'єкта. Лінзи окуляра ще збільшують зображення. **Загальне збільшення мікроскопа залежить від характеристик об'єктива та окуляра й дорівнює добутку їхніх збільшень.** Окуляр проєктує зображення на сітківку спостерігача, фотографічну пластинку або (для отримання цифрового зображення) на детектор, такий, як камера приладу.

Основну роль в отриманні зображення у мікроскопі відіграє **об'єктив**. Він будує збільшене, дійсне і перевернуте зображення об'єкта. Потім це зображення додатково збільшується при розгляданні його через окуляр, який аналогічно до звичайної лупи дає збільшене уявне зображення.

Основною характеристикою мікроскопа є його **роздільна здатність** – мінімальна відстань, на якій дві точки можна бачити як окремі.

Роздільна здатність ока людини становить 200 мкм (0,2 мм), оптичного мікроскопа – 0,2 мкм (0,0002 мм), електронного мікроскопа — 0,0002 мкм (0,0000002 мм). Якщо розмір об'єкта менший від роздільної здатності, цей об'єкт роздивитись вже неможливо, і навпаки. Таким чином, саме від значення роздільної здатності залежить, що можна побачити у мікроскоп, а що – ні.

Її визначають за формулою:

$$d = 0,61 \cdot \frac{\lambda}{(n - \text{Sin}\alpha)},$$

**де,  $(n - \text{Sin}\alpha)$  – числова апертура**

$n$  – показник заломлення середовища між об'єктом та об'єктивом ( $n$  повітря = 1, води = 1,33, імерсійного масла = 1,55);  $\lambda$  – довжина хвилі використаного світла (ділянка видимої частини світла – 400–700 нм);  $\alpha$  – кут між оптичною віссю мікроскопа та променем, що найбільше відхиляється, але ще потрапляє до нього (кут не може бути більший за 90°, отже,  $\text{Sin } \alpha$  – більший за 1).

Знаменник формули залежить від конструкції об'єктива і для кожного об'єктива є сталою величиною, вказується на об'єктиві; його називають **числовою апертурою об'єктива**. Чим вона більша, тим краще розрізняються структури клітини. Корисне збільшення об'єктива не може перевищувати числову апертуру (0,95; 1,25-1,60) більше, ніж у 1000 разів, тому максимально становить 1600.

**Межа роздільної здатності** – мінімальна відстань між двома точками, поки їх видно як окремі точки. Залежить від довжини хвилі світла, яким освітлюється об'єкт, і числової апертури об'єктива.

**Числова апертура** (знаменник у формулі вище) залежить від кутової апертури об'єктива і показника заломлення середовища, що знаходиться між фронтальною лінзою об'єктива і препаратом.

**Кутова апертура** – це максимальний кут, під яким можуть потрапляти в об'єктив промені, що пройшли через об'єкт.

Чим більша апертура і чим ближчим є показник заломлення середовища, що знаходиться між об'єктивом і препаратом, до показника заломлення скла, тим вищою є роздільна здатність об'єктива.

Числову апертуру можна збільшити двома шляхами:

- 1) збільшити «кут зору» об'єктива ( $\alpha$ ), що можливо тільки в об'єктивах з великим збільшенням;
- 2) збільшити показник заломлення середовища ( $n$ ), використовуючи, наприклад імерсійне масло.

Залежно від середовища, яке знаходиться між об'єктивом і препаратом, розрізняють «сухі» об'єктиви малого і середнього збільшення (до 40 х) і імерсійні з максимальною апертурою і збільшенням (90-100 х) (рис. 2).

«Сухий» об'єктив – це такий об'єктив, між фронтальною лінзою якого і препаратом, знаходиться повітря. Особливістю імерсійних об'єктивів є те, що між фронтальною лінзою такого об'єктива і препаратом поміщають імерсійну рідину, що має показник заломлення однаковий зі склом (або близький до нього), це забезпечує збільшення числової апертури і роздільної здатності об'єктива.

Для водної імерсії використовують дистильовану воду, а для об'єктивів масляної імерсії кедрову олію або спеціальне синтетичне імерсійне масло.

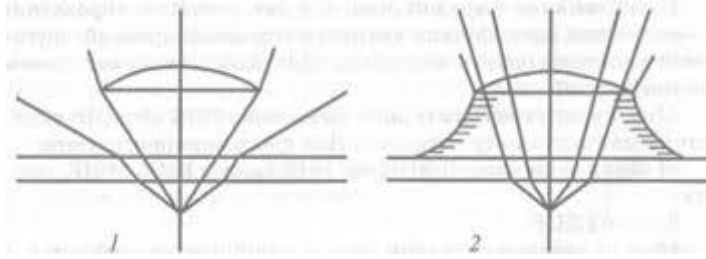


Рис. 2. Хід променів у «сухій» (1) та імерсійній (2) системах.

Об'єктив мікроскопа – складна оптична система, яка містить фронтальну лінзу (найближче до об'єкта), проксимальну лінзу (найдалі від об'єкта) і набір внутрішніх лінз. Якість зображення прямо залежить від складності оптичної системи. Загальне число лінз у складному об'єктиві може становити 14. Фронтальна лінза забезпечує побудову зображення, визначає робочу відстань і числову апертуру об'єктива. Набір внутрішніх лінз дає необхідне збільшення, визначає фокусну відстань, якість зображення, висоту об'єктива і довжину тубуса.

Характеристики системи лінз відображаються на корпусі об'єктива.



Рис. 3. Параметри об'єктива

Одним з параметрів, який відображається на об'єктиві мікроскопа, є показник збільшення. Розрізняють об'єктиви малих збільшень – до 10x, середніх – до 50x, великих – більше 50x, і надвеликих збільшень – понад 100x.

Інші параметри:

- числова апертура відображає роздільну здатність мікроскопа,
- довжина тубуса (160 мм),
- товщина покривного скла (0,17 мм),
- тип імерсії.

Для позначення типу імерсії наноситься також кольорове кільце, яке розташоване у фронтальній частині об'єктива – без кольору – «сухий», безімерсійний об'єктив, чорне кільце – масляна імерсія, біле кільце – водна імерсія, помаранчеве – гліцеринова імерсія, червоне – інший тип імерсії.

Окуляри складаються з двох лінз і теж бувають декількох типів,

кожен з яких застосовується з певним типом об'єктива, додатково усуваючи недоліки зображення. Тип окуляра і його збільшення позначені на його оправі.



Рис. 4. Оптична система – окуляр

### Практичне завдання.

Розгляньте рисунок нижче. Спробуйте пояснити усі маркування об'єктивів та окуляра.



Значення показника, за яким розраховують роздільну здатність об'єктива ( $d$ ), нанесено на його корпусі відразу після показника збільшення об'єктива. Він називається апертурою об'єктива. Приклад: на об'єктиві з червоним кільцем у верхньому рядку нанесено маркування: «4/0,10». Число «4» вказує на збільшення об'єктива – чотирикратне, а «0,10» - числову апертуру.

За апертурою і формулою

$$d = 0,61 \cdot \frac{\lambda}{(n - \sin \alpha)},$$

розрахуйте  $d$  (мкм) кожного об'єктива.

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---

---

---

### **Завдання 3. Ознайомитись з особливостями інвертованого мікроскопа.**

В основі роботи інвертованого мікроскопа – принцип «перевернутості» (інвертованості), у результаті чого у полі зору можна спостерігати за клітинами, прикріпленими до дна планшету, флакону чи чашки Петрі. З використанням інвертованого мікроскопа можна також спостерігати за клітинами, що ростуть у суспензії. Більшість сучасних інвертованих мікроскопів обладнані відеокамерами та цифровими фотоапаратами, що дозволяє проводити прижиттєве



**Рис. 5. Інвертований мікроскоп**

за визначений проміжок часу.

спостереження за клітинами на всіх етапах їхнього культивування. Мікроскопи можуть мати спеціальне програмне забезпечення (наприклад AxioVision, Carl Zeis), що дозволяє розраховувати площу, інтенсивність забарвлення, розміри та інші параметри клітин; постійно спостерігати за інтенсивністю поширення субстратзалежних клітин

### **Висновки:**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### **Контрольні питання:**

1. Із яких частин складається оптична система світлового мікроскопа?

2. Із яких частин складається механічна й освітлювальна системи мікроскопа?
3. Основні правила роботи зі світловим мікроскопом.
4. Що таке роздільна здатність мікроскопа, від чого вона залежить?
5. Чому дорівнює роздільна здатність світлового й електронного мікроскопів?
6. Які переваги фазово-контрастної мікроскопії?
7. Методика мікроскопування у темному полі.
8. Особливості флуоресцентної мікроскопії.
9. Потрібно вивчити структури, розміри яких менші 0,2 мкм, але більші 0,1 мкм. Який метод світлової мікроскопії можна застосувати?
10. Якщо при роботі з мікроскопом поле зору залишилось темним, про які можливі помилки це свідчить?
11. Конфокальна мікроскопія.
12. Деякі речовини у клітини мають здатність світитися під дією ультрафіолетових променів. Який мікроскоп можна використати для їхнього вивчення? Чи можливий у цьому випадку кількісний аналіз?
13. Які види мікроскопії потрібно застосувати, якщо необхідно дослідити форму незабарвлених живих клітин?
14. Який мікроскоп слід використати при вивченні структури плазмолем товщиною 7–10 нм?
15. Атомно-силова мікроскопія.
16. Гістохімія, гістоімунохімія.
17. Що таке тимчасовий і постійний препарати?
18. Методика виготовлення тимчасових препаратів.
19. Проточна цитофлуориметрія.
20. Диференціальне центрифугування.

## Лабораторна робота №3

### Тема: Методи цитологічних досліджень.

### Виготовлення тимчасових мікропрепаратів шкірки луски цибулі, зішкрібку скоринки хліба (покритого плісінню), зразка водорості, хлорофітума

*Мета роботи: навчитись готувати тимчасові препарати, зробити порівняльну характеристику запропонованих об'єктів.*

*Обладнання, матеріали, реактиви:*

Мікроскопи, предметні і покривні скельця, піпетки, склянки з водою (або крапельниці), вата, фільтрувальний папір, серветки, набір інструментів для виготовлення тимчасових препаратів, розчин йоду, цибулина городньої цибулі, колба зі зразком водорості, фрагмент хлорофітуму, скоринка хліба, вкритого пліснявими грибами.

#### **Завдання:**

1. Виготовлення тимчасових мікропрепаратів шкірки луски цибулі.
2. Виготовлення тимчасових мікропрепаратів зішкрібку скоринки хліба.
3. Виготовлення препарату роздавлена крапля матеріалу з колби. Розглянути і зарисувати будову водорості.
4. Виготовлення тимчасового мікропрепарату тоненького шару епідермісу хлорофітума.

#### **Завдання 1. Виготовлення тимчасових мікропрепаратів шкірки луски цибулі.**

#### **Хід роботи**

1. Підготуйте мікроскоп до роботи;
2. Приготуйте тимчасовий незабарвлений препарат луски цибулі, поклавши найтоншу її частину на предметне скло у краплину води. Акуратно розпластайте за допомогою препарувальних інструментів луску у краплині води так, щоб під препаратом не було пухирців води, повітря;
3. Розгляньте під мікроскопом тимчасовий незабарвлений препарат при малому та великому збільшеннях;

4. Пофарбуйте препарат розчином йоду чи іншого запропонованого барвника, внісши піпеткою краплину розчину на луску. Надлишок рідини відберіть фільтрувальним папером;
5. Розгляньте під мікроскопом тимчасовий забарвлений мікропрепарат при малому та великому збільшеннях;
6. Зарисуйте забарвлену клітину, зробіть позначення її структур.

## **Завдання 2. Виготовлення тимчасових мікропрепаратів зішкрібів скоринки хліба.**

Представник класу – мукор (*Mucor mucedo*) розвивається у вигляді білого або сірого нальоту на продуктах рослинного походження і гної трав'янистих тварин. Міцелій мукових грибів пронизує субстрат і частково стелиться по його поверхні.

Еуаскомицети включають два найважливіші роди ґрунтових, грибів – *Penicillium* і *Aspergillus*. Пеніцили і аспергіли мають добре розвинений багатоклітинний міцелій. Розмножуються переважно конідіальним спороутворенням. Спостерігаються у вигляді нальоту блакитного, зеленого, сизого, рідше інших кольорів на продуктах рослинного походження (варенні, томатній пасті, лимонах і апельсинах), виробах зі шкіри, шпалерах. Поширені у верхніх шарах ґрунту.

### **Хід роботи**

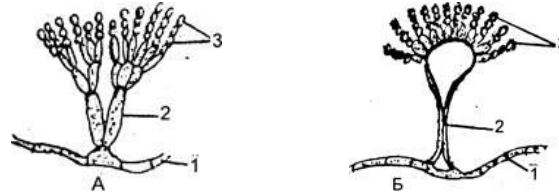
1. Підготуйте мікроскоп до роботи;



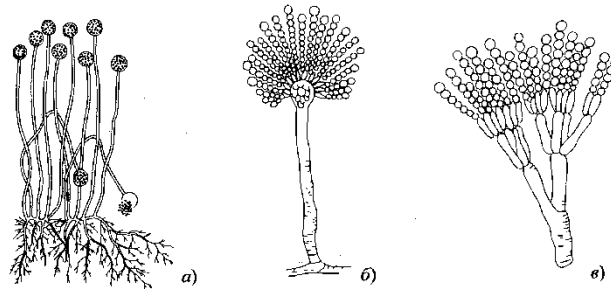
2. Приготуйте тимчасові водні препарати міцелію грибів (зішкріби зеленуватого та інших кольорів, отриманих з різних локацій на скоринці хліба (мінімум 3). Акуратно розпластайте за допомогою препарувальних інструментів міцелій у краплині води;

3. Розгляньте під мікроскопом тимчасовий незабарвлений препарат при малому та великому збільшеннях;

4. Зарисуйте, зробіть позначення структур, ідентифікувавши об'єкт за малюнками.



а — *Mucor*, б — *Aspergillus*; в — *Penicillium*



Зарисуйте гіфи, конідієносці і спорангієносці пліснявих грибів.

**Завдання 3. Виготовлення препарату роздавлена крапля матеріалу з колби. Розглянути і зарисувати будову водорості.**

#### **Хід роботи**

1. Підготуйте мікроскоп до роботи;
2. Приготуйте тимчасові водні препарати водорості. Акуратно розпластайте за допомогою препарувальних інструментів у краплині води об'єкт;
3. Розгляньте під мікроскопом тимчасовий незабарвлений препарат при малому та великому збільшеннях;
4. Зарисуйте.

**Завдання 4. Виготовлення тимчасового мікропрепарату тоненького шару епідермісу хлорофітума.**

#### **Хід роботи**

1. Підготуйте мікроскоп до роботи;
2. Приготуйте тимчасовий незабарвлений препарат тоненького шару епідермісу хлорофітума, поклавши найтоншу його частину на предметне скло у краплину води. Акуратно розпластайте за допомогою препарувальних інструментів у краплині води так, щоб під препаратом не було пухирців води, повітря;
3. Розгляньте під мікроскопом тимчасовий незабарвлений препарат при малому та великому збільшеннях;
4. Надлишок рідини відберіть фільтрувальним папером;

5. Зарисуйте результат – обов'язково продихи, позначити замикаючі клітини, хлоропласти, продихову щілину.

**Висновки:**

---

---

---

---

---

---

---

---

**Контрольні питання:**

1. Зробіть загальне порівняння клітин грибів, вищих рослин, водоростей.
2. Особливості будови рослинної клітини.
3. Різноманітність рослинних тканин.
4. Значення водоростей у біотехнології.
5. Значення цвілевих грибів, дріжджів у біотехнології.
6. Алгоритм приготування тимчасового препарату.

## Лабораторна робота № 4

### Тема: Методи цитології у дослідженні бактерій.

#### Методи виготовлення препаратів для світлової мікроскопії

*Мета:* Навчитися виготовляти мазки-препарати для мікроскопічного дослідження, фарбувати їх та мікроскопувати.

#### *Обладнання, матеріали, реактиви:*

Предметні та покривні скельця, шматочки господарського мила, марлева серветка, фільтрувальний папір, мікробіологічні петлі, кристалізатори з мітками, стерильна дистильована вода, суміш спирт-етер (1:1), ацетон, барвники: метиленовий синій, карболовий фуксин Ціля, імерсійна олія, спирт для витирання об'єктивів, мікроскопи.

#### **Завдання:**

1. Виготовлення препарату «відбиток», репліка.
2. Виготовлення препарату «висяча крапля».
3. Виготовлення живого препарату «роздавлена крапля».
4. Виготовлення фіксованих препаратів мікроорганізмів.

Одним із основних етапів досліджень у мікробіології є мікроскопія фіксованих або препаратів живих мікроорганізмів



Рис. 1. Типи препаратів для світлової мікроскопії

Мікроскопія живих мікроорганізмів дозволяє встановити розміри клітини, її форму, рухливість бактерій та характер їх ділення, вплив на них різних хімічних речовин. Живі мікроорганізми можна спостерігати у мікрокамерах – препарати «висяча крапля» та «роздавлена крапля». Інколи для прижиттєвої мікроскопії бактерій застосовують барвники (нейтральний червоний, діамантовий червоний, діамантовий крезоловий синій, везувін) у низьких концентраціях (0,001-0,0001%) з причини їх токсичності.

Спостереженню за окремими живими клітинами перешкоджає їх постійне переміщення у полі зору мікроскопа. Тому цитологічні дослідження мікроорганізмів здійснюють переважно із застосуванням фіксованих забарвлених препаратів.

Фіксовані препарати виготовляють за спеціальною схемою із застосуванням різноманітних способів фіксації та фарбування. Фіксація препаратів необхідна для інактивації бактерій, міцного прикріплення клітин до поверхні скла та підвищення їх сприйнятливості до барвників. Фіксація може здійснюватися жаром або хімічними речовинами (рідкими та газоподібними).

Фіксація жаром (у полум'ї пальника) не бажана для делікатних цитологічних досліджень, і у таких випадках здійснюють хімічну фіксацію з різною експозицією.

Фарбування фіксованих препаратів здійснюють переважно аніліновими барвниками, що є похідними бензолу та його гомологів, які відрізняються між собою хімічною природою та кольором.

Просте фарбування препаратів здійснюється із застосуванням, як правило, одного барвника (наприклад, фуксину основного, генціанового фіолетового).

Складне (або комплексне) фарбування передбачає застосування кількох, часто контрастних барвників, послідовному використанню яких може передувати застосування знебарвлювачів (спиртів, кислот та інших).

Комплексне фарбування, на відміну від простого, дозволяє виявляти клітинні структури (нуклеоїд, включення, спори), встановлювати певні властивості (кислотостійкість), особливості будови клітинної стінки (фарбування за Грамом), тощо.

### **Мікроскопія фіксованих препаратів мікроорганізмів**

Препарати мікроорганізмів досліджують під мікроскопами, які мають імерсійні об'єктиви (90x) із використанням імерсійної олії. Попередньо слід перевірити готовність мікроскопа до роботи.

Краплю імерсійної олії нанести безпосередньо на виготовлений препарат. Помістити скло на предметний столик мікроскопа і зафіксувати його. Встановити імерсійний об'єктив. Макрогвинтом опустити об'єктив у краплю імерсійної олії, контролюючи занурення об'єктиву збоку. Дивлячись в окуляр мікроскопа, сфокусувати зображення об'єкту за допомогою макро- і мікрогвинтів.

Рухаючи предметний столик, розглянути декілька полів зору та вибрати найбільш вдалу зону препарата. Бактеріальні клітини у полі зору не повинні знаходитись у вигляді суцільного шару. У правильно

виготовленому препараті поле зору повинне залишатися світлим, а зафарбованими повинні бути тільки клітини.

### **Завдання 1. Виготовлення препарату «відбиток», репліка.**

#### **Хід роботи**

1. З агаризованого середовища у чашці Петрі, на якому досліджувані мікроорганізми ростуть суцільним газоном чи у вигляді окремих колоній, виріжіть скальпелем невеликий блок і перенесіть його на предметне скло так, щоб поверхня з мікроорганізмами була розташована догори.

2. Чисте покривне скло покладіть на поверхню блока, злегка натисніть і відразу зніміть, не зсуваючи убік.

3. Помістіть отриманий препарат (відбитком донизу) у краплю води на предметне скло.

4. Розгляньте препарат під мікроскопом у сухій чи імерсійній системі.

5. Зарисуйте препарат у масштабі поля зору із збереженням відповідних розмірів та кольору клітин. Підпишіть рисунок. Зніміть предметне скло. Протріть об'єктив марлевою серветкою, змоченою спиртом, для зняття імерсійної олії.

### **Завдання 2. Виготовлення препарату «висяча крапля».**

#### **Хід роботи**

1. Візьміть предметне скло із шліфованою лункою. Краї лунки змастіть вазеліном.

2. У центр покривного скельця нанесіть краплю досліджуваного матеріалу. У випадку використання бульйонної культури матеріал

відберіть безпосередньо із колби або пробірки, дотримуючись умов стерильності. У випадку використання культур, які виростили на щільному поживному середовищі, на покривне скло попередньо нанесіть краплю стерильного фізіологічного розчину, а потім петлею внести невелику кількість досліджуваної культури.

3. Предметне скло переверніть лункою вниз і помістіть на покривне скло таким чином, щоб крапля з матеріалом знаходилась у центрі лунки, не торкаючись її країв. Предметне скло злегка притисніть до покривного і переверніть. У герметичній камері, що утворилась, крапля не підсихає. Це дозволяє спостерігати за мікроорганізмами досить тривалий час.

4. Проведіть мікроскопію із використанням імерсійного об'єктива.

5. Зарисуйте препарат у масштабі поля зору із збереженням відповідних розмірів та кольору клітин. Підпишіть рисунок. Зніміть предметне скло. Протріть об'єктив марлевою серветкою, змоченою спиртом, для зняття імерсійної олії.

### **Завдання 3. Виготовлення живого препарату «роздавлена крапля».**

#### **Хід роботи**

1. На чисте предметне скло нанесіть краплю води.
2. Прожареною і охолодженою петлею візьміть досліджуваний матеріал і розподіліть його рівномірно у краплі води.
3. На краплю суспензії покладіть чисте покривне скло так, щоб під ним не було бульбашок повітря. Надлишок рідини відтягніть

смужкою фільтрувального паперу.

4. Розгляньте препарат при збільшенні 40х. Якщо препарат розглядають в імерсійній системі, на покривне скло наносять краплю кедрової олії чи гліцерину.

5. Зарисуйте препарат у масштабі поля зору із збереженням відповідних розмірів та кольору клітин. Підпишіть рисунок. Зніміть предметне скло. Протріть об'єктив марлевою серветкою, змоченою спиртом, для зняття імерсійної олії.

#### **Завдання 4. Виготовлення фіксованих препаратів мікроорганізмів.**

##### **Хід роботи**

1. Додатково знежирте предметне скло. Для цього його необхідно нетерти сухим господарським милом та витерти насухо марлевою серветкою. Із зворотньої сторони скла олівцем по склу позначте межі майбутнього препарату та його номер.

2. За допомогою петлі нанесіть на скло краплю стерильної дистильованої води. Бактеріальну культуру у невеликій кількості заберіть з поверхні щільного поживного середовища за допомогою петлі із дотриманням умов стерильності і внесіть у краплю води на склі. Мікробний матеріал розподіліть на склі рівномірним шаром у вигляді мазка правильної форми (округлої чи квадратної), площею 1,5-2 см<sup>2</sup>. Площа розподілу бактеріальної суспензії залежить від її густини.

3. Висушіть виготовлений препарат при кімнатній температурі на повітрі, помістивши предметне скло на місток кристалізатора.

4. Підсушений матеріал зафіксуйте жаром у полум'ї пальника. Для цього скло затисніть за допомогою прищепки або пінцета і, тримаючи скло препаратом догори, тричі проведіть через полум'я пальника. Для запобігання спалення бактерій, скло у полум'ї слід



тримати не більше 3-4 секунд.

5. Зафіксований препарат помістіть на місток кристалізатора і нанесіть безпосередньо на мазок водноспиртовий розчин фуксину основного. Фарбування проводити упродовж 3 хв.

6. Легким струменем води змийте барвник із препарату над кристалізатором, притримуючи предметне скло прищепкою або пінцетом. Промивання препарату слід проводити до тих пір, поки вода, що стікає з мазка, не стане прозорою.

7. Препарат висухіть на повітрі, зібравши частину води зі скла за допомогою фільтрувального паперу.

8. Розгляньте препарат під мікроскопом з імерсією.

9. Зарисуйте препарат у масштабі поля зору із збереженням відповідних розмірів та кольору клітин. Підпишіть рисунок. Зніміть предметне скло. Протріть об'єктив марлевою серветкою, змоченою спиртом, для зняття імерсійної олії.

### **Висновки:**

---

---

---

---

---

### **Контрольні питання:**

1. Відмінності про- та еукаріот.
2. Назвіть типи препаратів для світлової мікроскопії.

3. Яка послідовність дій при виготовленні препаратів живих клітин мікроорганізмів?
4. Яка послідовність дій при виготовленні фіксованих фарбованих препаратів?
5. Для чого необхідна фіксація препаратів? Способи фіксації.
6. Які барвники використовуються у мікробіологічній практиці.

**Лабораторна робота № 5**  
**Тема: Структура прокариотичної клітини.**  
**Грампозитивні та грамнегативні бактерії**

*Мета: навчитися ідентифікувати грампозитивні і грамнегативні бактерії.*

*Обладнання, матеріали, реактиви:*

Культура *Escherichia coli* (кишкова паличка) та *Bacillus mesentericus* (картопляна паличка). Предметні та покривні скельця, марлева серветка, фільтрувальний папір, мікробіологічні петлі, кристалізатори з містками, стерильна дистильована вода, барвники: генціановий фіолетовий барвник, розчин Люголю, фуксин, спирт, мікроскопи, пальник.

**Завдання:**

1. Ідентифікація грампозитивних та грамнегативних бактерій.

Прокариотичні мікроорганізми можна поділити на дві групи – грампозитивні та грамнегативні. Така назва з'явилася після запропонованого у 1884 датським ученим Г. Грамом диференціального методу забарвлення бактерій, за яким одні бактерії забарвлюються у синьо-фіолетовий колір (грампозитивні), а інші бактерії забарвлюються у червоний або рожевий колір (грамнегативні).

Сутність цього методу полягає у тому, що комплекс генціанового фіолетового барвника (генціанвіолет) з йодом після обробки мазка спиртом утримується клітинною стінкою одних бактерій і вимивається іншими, тому для їх ідентифікації необхідно використовувати додатковий барвник.

Здатність забарвлюватися або не забарвлюватися у синьофіолетовий колір відображає фізичні властивості клітинної стінки мікроорганізмів. Донедавна розглядалися різні теорії, що пояснюють диференційне забарвлення бактерій за Грамом (наприклад, хімічна, мембранна, ізоелектрична). Згідно сучасних уявлень, після проникнення у клітини розчинна хлорна форма генціанвіолету переходить у нерозчинну йодну форму і випадає в осад, при цьому забарвлюється цитоплазма клітини. При обробці препарату розчинником (етиловий спирт, ацетон) із цитоплазматичної мембрани екстрагуються ліпіди, це призводить до підвищення її пористості. Таким чином, мембрана не є перешкодою

для вимивання комплексу генціанвіолет-йод. Але зазвичай клітина має муреїновий шар (різної товщини та пористості у різних бактерій), який характеризується високою стійкістю до органічних розчинників. Багат шаровий мало пористий муреїновий шар перешкоджає вимиванню барвника – клітини забарвлюються у синьофіолетовий колір (грампозитивно), а при наявності моношару муреїну із великими порами, клітини забарвлюються за Грамом негативно.

Слід зауважити, що характер забарвлення прокариот за Грамом залежить від віку культури, факторів зовнішнього середовища тощо.

Класичний спосіб забарвлення, запропонований Грамом, модифіковано багатьма ученими, існує навіть експрес-метод (жива культура грамнегативних бактерій утворює слиз при обробці 3% КОН впродовж 5-10 секунд).

## **Завдання 1. Ідентифікація грампозитивних та грамнегативних бактерій.**

### **Хід роботи**

1. На одному предметному склі по черзі приготуйте мазки *Escherichia coli* (кишкова паличка) та *Bacillus mesentericus* (картопляна паличка).

2. Виготовлення мазка. На чисте знежирене предметне скло нанесіть невелику краплю дистильованої води, у неї внесіть невелику краплю культуральної рідини, яка містить мікроорганізми і розподіліть по поверхні скла. Краплю, яка містить мікроорганізми можна розподілити по склу за допомогою стерильної бактеріальної петлі, або розподілити за допомогою грані іншого предметного (покривного) скла.

3. Висушування мазка. Проводять без нагрівання, при кімнатній температурі до повного випаровування води з поверхні предметного скла.

4. Фіксація мазка. Проводиться з метою:

а) вбити мікроорганізми, щоб зробити безпечною подальшу роботу з ними;

б) прикріпити мазок до поверхні скла, щоб він не змився при подальших маніпуляціях;

в) зруйнувати поверхневі структури клітини для полегшення проникнення барвників, що покращує забарвлення клітин.

Зазвичай мазок фіксують у полум'ї пальника, при цьому скло

тримають за грані, мазком угору і 3-4 рази проносять крізь полум'я. Для дослідження внутрішньоклітинних структур мікроорганізмів використовують більш м'яку фіксацію – етиловим спиртом (96%), сумішшю етилового спирту й етеру, ацетоном, тощо.

5. На зафіксовані у полум'ї пальника мазки покладіть невеликі клаптики фільтрувального паперу та нанесіть на нього генціановий фіолетовий барвник так, щоб папір повністю був зволожений барвником. У разі нещільного прилягання паперу до скла, легко натисніть на папір бактеріальною петлею.

6. Через 5-6 (7) хв. пофарбований папір зніміть та забарвте препарати розчином Люголю – 1 хв., при цьому препарати потемніють.

7. Розчин Люголю злийте й обробіть препарати 96% етиловим спиртом – 30-60 сек. (нанесіть кілька крапель спирту, зачекайте 10-15 с, злийте, процедуру повторіть 2-3 рази, залежно від товщини мазків та інтенсивності попереднього фарбування).

8. Препарати промийте до «чистої води».

9. Дофарбуйте препарати фуксином впродовж 1-2 хв.

10. Барвник змийте водою, препарати висушіть та мікроскопіюйте з імерсійною олією.

11. Визначіть, яка з запропонованих культур є грампозитивною, а яка – грамнегативною. Відомо, що *Bacillus mesentericus* – спороутворююча бактерія, тому у полі зору будуть спостерігатися слабозабарвлені овальні тільця – спори, також бактерія утворює довгі ланцюги клітин. Кишкова паличка спор не утворює, зрідка у полі зору можуть траплятися короткі ланцюжки по 2-3 клітини.

12. Зарисуйте препарат у масштабі поля зору із збереженням відповідних розмірів та кольору клітин. Підпишіть рисунок. Зніміть предметне скло. Протріть об'єктив марлевою серветкою, змоченою спиртом, для зняття імерсійної олії.

### **Висновки:**

---



---



---



---

### **Контрольні питання:**

1. Значення мікроорганізмів для біотехнології.
2. Особливості клітинної стінки мікроорганізмів.
3. Фарбування за Грамом.

4. Протоплазма бактеріальних клітин.
5. Будова мікроорганізмів.

## Лабораторна робота №6

### Тема: Структура прокариотичної клітини.

### Виділення загальної (тотальної) ДНК із культури бактерій (Dhaese et al., 1979)

*Мета: ознайомитись з методами підготовки і руйнування культури бактеріальних клітин для виділення нуклеїнових кислот; опанування методу виділення тотальної ДНК із культури бактерій*

#### Обладнання, матеріали, реактиви:

Натру додецилсульфат (5%) (SDS); проназа: розчин 5 мг/мл в буфері TE; буферний розчин TE (10 мМ Tris-HCl, рН 8,0; 1 мМ ЕДТА); 5М NaCl. Розчинити 292,5 г NaCl у 800 мл води і довести об'єм до 1 л; ізопропанол; РНКазу А;

суміш фенол : хлороформ. Водонасичений фенол (насичений після перегонки 0,1М Tris-HCl, рН 8,0) змішують у пропорції 1:1 зі зазделегідь приготованою сумішшю хлороформ:ізоаміловий спирт; суміш хлороформ : ізоаміловий спирт. Речовини поєднані у пропорції 24:1;

Етиловий спирт (70%);

Культура штаму *Escherichia coli* ;

Мікропіпетки, змінні наконечники, центрифужні пробірки;

Центрифуга, термостат, вортекс, морозильна камера.

### Завдання 1. Застосовуючи приготовані реактиви, виділити тотальну ДНК із культури бактерій.

#### Хід роботи

1. Мікропіпеткою перенесіть 1,5 мл культури штаму ентеробактерії кишкової палички *Escherichia coli* у мікроцентрифужну пластикову пробірку об'ємом 1,7 мл. Осадіть клітини центрифугуванням (5 хв за 10000 об/хв.).

2. Видаліть супернатант (надосадову рідину);

3. Внесіть до осаду 300 мкл буферу TE та ресуспендуйте клітини.

4. До суспензії клітин внесіть 100 мкл 5%-вого розчину SDS, перемішайте;

5. Внесіть 150 мкл розчину пронази (5мг/мл), перемішайте;

6. До супернатанту внесіть РНКазу А, розчинену в TE буфері

до кінцевої концентрації 5 мг/мл, та інкубуйте 2 год. за 56°C;

7. Інкубуйте 1-0,5 год. у термостаті за 37°C. Відбувається лізис клітин та ферментативний гідроліз протеїнів;

8. Внесіть ізопропанол (550 мкл), центрифугуйте впродовж 10 хв. Видаліть супернатант із пробірки;

9. Розчиніть осад нуклеїнових кислот в 500 мкл буфера TE;

10. Внесіть рівний об'єм (500 мкл) суміш фенол:хлороформ, перемішайте, використовуючи вортекс;

11. Шляхом центрифугування (5 хв за 10000 об/хв.) розділіть водну та органічну фази. Фенол залишається внизу, у водній фазі розчиняється ДНК. Денатуровані фенолом протеїни дисоціюють з ДНК, втрачають розчинність і збираються під час центрифугування на межі розподілу фаз. Отже, відбулась екстракція ДНК із дезоксирибонуклеопротеїнового комплексу;

12. Перенесіть мікропіпеткою фазу, що містить ДНК, у чисту ємність 1,7 мл пробірку;

13. Ще раз екстрагуйте ДНК хлороформом для того, щоб позбутись фенолу: у пробірку внесіть рівний об'єм суміші хлороформ : ізоаміловий спирт, змішайте, центрифугуйте 5 хв за 10000 об/хв. Супернатант перенесіть у чисту пробірку;

14. Внесіть 1/25 об'єму 5М NaCl до кінцевої концентрації солі 0,2М;

15. Внесіть холодний (-20°C) етанол (2,5 об'єму) для осадження ДНК, вірніше її натрієву сіль. Залишіть на 1-2 год за температури - 20°C.

16. Осадіть нуклеїнові кислоти центрифугуванням впродовж 10 хв. за максимальної швидкості мікроцентрифуги. Злийте супернатант, промийте осад. Для цього до осаду внесіть 1 мл холодного 70% етанолу, центрифугуйте 3 хв. за 10000 об/хв. Злийте етанол, висушіть проби;

17. Розчиніть осад в 50 мкл буфера TE.

### **Висновки:**

---

---

### **Контрольні питання:**

1. Нуклеоїд, плазмід.
2. Специфічні утвори бактеріальних клітин.
3. Бактеріальні рибосоми.
4. Адаптація мікроорганізмів до несприятливих умов.



## Лабораторна робота №7

**Тема: Транспорт речовин через цитоплазматичну мембрану (ЦПМ).**

**Рослинна клітина як осмотична система. Явище плазмолізу і деплазмолізу**

*Мета: з'ясувати ознаки і причини процесів плазмолізу і деплазмолізу у рослинній клітині.*

*Обладнання, матеріали, реактиви:*

Цибулина синьої цибулі, 10%-ний розчин NaCl, препарувальна голка, мікроскоп, скальпелі, предметні і покривні скельця, скляні палички, хімічні склянки, фільтрувальний папір, електроплитка.

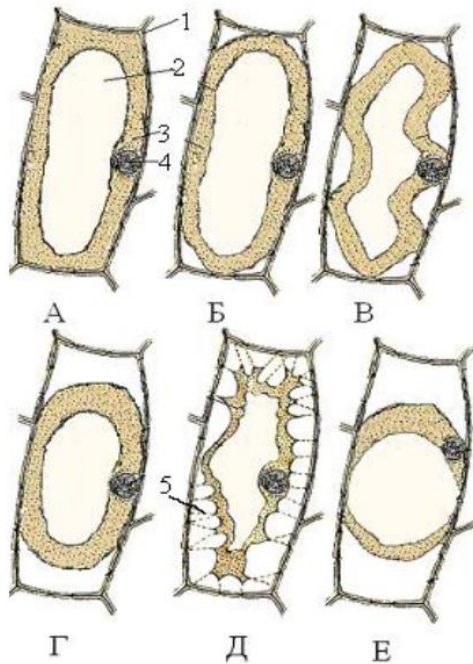
**Завдання:**

1. Спостереження за неплазмолізованими клітинами епідермісу.
2. Спостереження за явищем плазмолізу.
3. Спостереження за явищем деплазмолізу.
4. Вплив термічної обробки на хід плазмолізу.

Мембрані властива обмежена і вибіркова проникність. Зокрема, через неї легко проходять молекули води. Ця властивість називається напівпроникністю, а рух води через напівпроникні мембрани, спричинений градієнтом концентрацій – осмосом. При зануренні клітин у гіпертонічні розчини плазмолітиків виникає осмотичний тиск води з клітин, об'єм вакуолі зменшується. Еластична цитоплазма відшаровується від цитоплазматичної мембрани вслід за вакуолею, клітинна стінка втрачає напружений стан, але не скорочується, через це між нею і протопластом виникає простір, заповнений зовнішнім розчином. Такий стан клітини називається **плазмолізом**.

При заміні гіпертонічного розчину водою вона проникає до клітини, вакуолі – відбувається деплазмоліз клітини. Клітини перебувають у стані повного насичення водою – стані тургору.

Розчини з однаковим осмотичним тиском називають **ізотонічними** або **ізоосмотичними**. Якщо осмотичний тиск одного розчину більший, ніж іншого, то перший розчин є **гіпертонічним** відносно другого, а якщо менший – **гіпотонічним**.



**Рис. 1. Плазмоліз рослинної клітини:**

А – клітина у стані тургору; Б – кутовий плазмоліз; В – увігнутий плазмоліз; Г – опуклий плазмоліз; Д – судомний плазмоліз; Е – ковпачковий плазмоліз.

1 – клітинна стінка з плазмолемою, 2 – вакуоля, 3 – цитоплазма, 4 – ядро, 5 – нитки Гехта.

### **Завдання 1. Спостереження за неплазмолізованими клітинами епідермісу.**

#### **Хід роботи**

1. Зробіть зріз епідермісу луски цибулі, клітини якого містять антоціан.
2. Помістіть зріз у краплю води на предметне скло, накрийте покривним і розгляньте у мікроскоп.
3. Зарисуйте, клітини епідермісу в тургесцентному стані, зробіть позначення структурних елементів.

## **Завдання 2. Спостереження за явищем плазмолізу.**

### **Хід роботи**

1. Замініть воду на 10%-ний розчин NaCl. Для цього нанесіть на предметне скло поряд з покривним велику краплю розчину, а воду відберіть фільтрувальним папером.
2. У мікроскоп розгляньте мікропрепарат.
4. Коли плазмоліз буде добре помітним, зробіть схематичний рисунок клітин, у яких спостерігаються різні форми плазмолізу, зробіть позначення структурних елементів.

## **Завдання 3. Спостереження за явищем деплазмолізу.**

### **Хід роботи**

1. Внесіть під покривне скло мікропрепарату краплю води, відсмоктуючи розчин NaCl фільтрувальним папером.
2. У мікроскоп спостерігайте за змінами, що проходять у клітинах.
5. Зарисуйте клітини, зробіть позначення структурних елементів.

## Завдання 4. Вплив термічної обробки на хід плазмолізу.

### Хід роботи

1. Епідерміс луски цибулини прокип'ятіть у воді 2-3 хвилини.
2. На предметне скло нанесіть краплю 10%-ного розчину NaCl і помістіть у неї шкірку.
3. Накрийте покривним скельцем. Розгляньте у мікроскоп і встановіть, чи відбувається плазмоліз.
6. Зарисуйте побачене, зробіть позначення структурних елементів.

### Висновки:

---



---



---



---



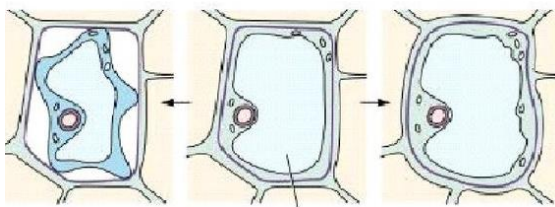
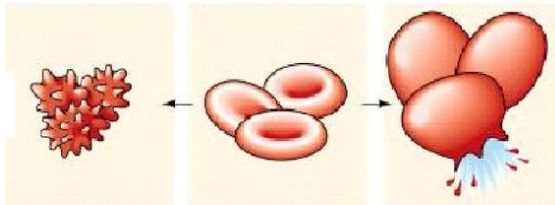
---



---

### Контрольні питання:

1. У яких розчинах знаходяться клітини? Обґрунтуйте.



2. Загальна характеристика біологічних мембран, функції. Відмінність у різних царств організмів.
3. Кількісні характеристики біологічної клітинної мембрани.
4. Основні властивості мембрани.
5. Протеїни мембран.
6. Мембранні ліпіди.
7. Цукориди мембрани.

8. Ензиматична система мембрани, маркерні ензими.
9. Що таке пасивний транспорт, види пасивного транспорту.
10. Пасивна дифузія речовин через мембрану.
11. Які речовини здатні до пасивного транспорту?
12. Поясніть явище плазмолізу і деплазмолізу.

**Лабораторна робота № 8**  
**Тема: Транспорт речовин через мембрану.**  
**Порівняльна здатність проникності ЦПМ і тонопласта**

*Мета: виявлення ЦПМ і тонопласта у рослинній клітині та вивчення їхньої проникності.*

*Обладнання, матеріали, реактиви:*

Цибуля ріпчаста; 1 М розчин  $KNO_3$ , розчин еозину (50 мг в 100 мл); мікроскопи, предметні скельця, покривні скельця.

**Завдання:**

1. Порівняти здатність проникності ЦПМ і тонопласта.

Щоб охарактеризувати функціональний стан клітини і її осмотичні властивості, використовують порівняльну здатність до проникності клітинних мембран – ЦПМ і тонопласта. Зовнішня цитоплазматична мембрана – плазмалема має вищу проникність, ніж тонопласт. У цьому можна переконатися, спостерігаючи набрякання цитоплазми під впливом йонів Калію, що у ній накопичуються.

**Завдання 1. Порівняти здатність проникності плазмалеми і тонопласта.**

### Хід роботи

1. Нанесіть на предметне скло краплину 1 М розчину  $KNO_3$  з розчином еозину і помістіть у неї 2, 3 шматочки епідерми внутрішньої (увігнутої) сторони луски цибулі.
2. Накрийте скельцем і спостерігайте у клітинах розвиток ковпачкового плазмолізу.

*Примітка: спочатку цитоплазма оточує вакуолю тонким шаром. Пізніше цитоплазматичний шар набрякає, істотно потовщується (особливо з протилежних боків вакуолі) у вигляді ковпачків і забарвлюється еозином в оранжевий колір. Згодом цитоплазма відмирає від надлишку йонів Калію у ній, внаслідок чого крізь плазмалеми легко проникає еозин. На препараті видно, що забарвлюється лише цитоплазма. Вакуоля залишається безбарвною, що свідчить про різну проникну здатність плазмалеми і тонопласта. Тонопласт зберігає свої напівпроникні властивості.*

3. Зарисуйте побачене до і після досліду, зробіть позначення структурних елементів.

**Висновки:**

---

---

---

---

---

**Контрольні питання:**

1. Пасивний транспорт речовин у клітині.
2. Які речовини здатні до пасивного транспорту?
3. Чим відрізняється протеїн-переносник і канальний протеїн.
4. Активний транспорт речовин у клітині.
5. Механізм роботи натрій-калієвої помпи.
6. Порівняння пасивного й активного транспорту.
7. Антипорт.
8. Симпорт.
9. Уніпорт.
10. Міжклітинні контакти.
11. Ендоцитоз.
12. Екзоцитоз.

## **Лабораторна робота № 9**

### **Тема: Цитоплазма. Визначення в'язкості цитоплазми рослин методом центрифугування**

*Мета: визначити в'язкість цитоплазми у листках елодеї за дії різних температур методом центрифугування.*

*Обладнання, матеріали, реактиви:*

Елодея; етиловий спирт з кількома краплинами концентрованої ацетатної кислоти, етер; склянки з водою, мікроскопи, предметні та покривні скельця, леза, пінцети, препарувальні голки, піпетки, пробірки, центрифуга, центрифужні пробірки.

**Завдання:**

1. Визначити в'язкість цитоплазми у листках елодеї за дії різних температур методом центрифугування.

Однією з важливих фізико-хімічних властивостей цитоплазми є в'язкість. На відміну від в'язкості звичайних рідин в'язкість цитоплазми зумовлена внутрішньою організацією усіх її складових частин, її ультраструктурою. Опір, який чинять рухові частинок лабільні елементи структури рідини, називають структурною в'язкістю. В'язкість цитоплазми легко змінюється під впливом зовнішніх факторів: температури, вологості, мінерального живлення тощо. За цим показником можна робити висновок про ступінь стійкості колоїдів цитоплазми. Йони Кальцію й Алюмінію підвищують в'язкість цитоплазми, а йони Калію, навпаки, збільшуючи дисперсність колоїдів цитоплазми, зменшують її в'язкість.

В'язкість цитоплазми має велике значення для виживання рослин в умовах високих температур і дефіциту вологи у довкіллі. Особливого значення вона набуває для гідрофітів під час тимчасового пересихання водойм. В'язкість цитоплазми залежить від зовнішніх і внутрішніх факторів, віку, фази онтогенезу.

Її визначають різними способами. Одним із них є метод центрифугування. В основу цього методу покладено рівняння Стокса. За цим рівнянням швидкість падіння кульки (за сталого радіуса) обернено пропорційна в'язкості рідини. Мірою структурної в'язкості цитоплазми може бути та мінімальна величина відцентрового прискорення в одиницях  $g$ , за якою центрифугування упродовж 10-20 хв. зумовлює зміщення хлоропластів у 50 % клітин.



Відцентрове прискорення визначають за відношенням відцентрової сили до сили тяжіння:

$$c = \frac{(2\pi N)^2 r}{g}$$

де  $N$  – кількість обертів центрифуги за секунду;

$r$  – радіус центрифуги;

$g$  – прискорення сили тяжіння (981 см/с<sup>2</sup>).

Для порівняння дослідів визначають відносну в'язкість цитоплазми. Мірою її може бути кількість обертів центрифуги, яка потрібна для однакового зміщення хлоропластів. У навчальних лабораторіях для цього зручно використовувати малогабаритні центрифуги ЦУМ-1 або ЦЛН-2.

**Завдання 1. Визначити в'язкість цитоплазми у листках елодеї за дії різних температур методом центрифугування.**

### Хід роботи

1. Декілька листочків елодеї покладіть на 30 хв. у склянки з водою і помістіть: перші – у холодильник за температури 2°C, другі – у термостат за температури 30°C, а треті залишіть за кімнатної температури.

2. У центрифужні пробірки налити воду, покладіть по 4-5 листочків і центрифугуйте впродовж 10 хв. за різних швидкостей: 1000, 2000 і 3000 об/хв.

3. Після центрифугування листочки швидко перенесіть у фіксуєчу рідину (як фіксатор можна використовувати етиловий спирт з кількома краплинами концентрованої ацетатної кислоти), промийте водою і розгляньте під мікроскопом.

4. У листочках, де в результаті центрифугування у полі зору мікроскопа відбувається зміщення хлоропластів у 50 % клітин, обчисліть структурну в'язкість цитоплазми.

5. Листочки знову помістіть на 10 хв. у пробірки з водним розчином етеру, і ще раз центрифугуйте впродовж 15 хв.

*Примітка. Під дією етеру цитоплазма відмирає, при цьому її в'язкість різко знижується, що виявляється у дуже швидкому переміщенні хлоропластів.*

6. З отриманих результатів обчисліть середні показники та запишіть

їх у таблицю.

*Таблиця*

**Визначення структурної в'язкості цитоплазми у листках елодеї за дії різних температур**

Варіант дослідження	Час плазмолізу, хв.	Зміщення хлоропластів після 10-хвилинного центрифугування, %			Структурна в'язкість
		1000 об./хв.	2000 об./хв.	3000 об./хв.	
Температура, °С: 2 кімнатна 30					

7. Зробіть висновки про вплив температури на структурну в'язкість цитоплазми рослин.

**Висновок:**

---



---



---



---

**Контрольні питання:**

1. Який хімічний склад цитозолі?
2. Назвіть фізико-хімічні властивості цитозолі.
3. Які метаболічні процеси відбуваються у цитозолі?
4. Назвіть функції цитозолі.
5. Типи включень за функціональним призначенням.
6. Охарактеризуйте трофічні включення.
7. Що таке секреторні включення? Наведіть приклади.
8. Які включення можуть виконувати захисну функцію?
9. Яка роль пігментних включень? Наведіть приклади.
10. Ліпідні, протеїнові, цукоридні включення.
11. В'язкість цитоплазми.
12. Від чого залежить в'язкість цитоплазми і її наслідки.

## Лабораторна робота №10

### Тема: Органон клітини. Вплив деяких факторів на швидкість руху цитоплазми у клітинах

*Мета: виявити рух цитоплазми у живих рослинних клітинах, визначити його швидкість і встановити вплив на цей процес деяких факторів. Переконатися, що швидкість руху залежить від рівня життєдіяльності клітини і забезпечення її енергією.*

*Обладнання, матеріали, реактиви:*

Гілочки елодеї;  $5 \cdot 10^{-3}$  М розчин АТФ,  $5 \cdot 10^{-4}$  М розчин 2,4-динітрофенолу; мікроскопи з окуляр-мікрометрами, предметні й покривні скельця, термостат, хімічні склянки місткістю 100 мл.

#### **Завдання:**

1. Дослідити явище руху цитоплазми за переміщенням хлоропластів у клітині елодеї.
2. Дослідити вплив факторів на рух цитоплазми.

Рух цитоплазми – поширене і цікаве явище, яке легко виявити у життєдіяльних клітинах. Біологічне значення цього явища полягає у тому, що здійснюється перенесення речовин з однієї частини клітини до іншої, забезпечується їх поглинання й виділення відбувається внутрішньоклітинне переміщення органел тощо. При цьому топографія органел і їх просторове положення у клітинах, яке зумовлене рухом цитоплазми, визначають і створюють найоптимальніші умови їхнього функціонування.

Швидкість та характер руху цитоплазми залежать від впливу багатьох зовнішніх і внутрішніх факторів. Доведено, зокрема, що 10 різних хімічних речовин у фізіологічно діючих концентраціях прискорюють або пригнічують рух цитоплазми. Цей процес залежить від температури, рН, насичення клітини водою.

Джерелом енергії для руху цитоплазми є, як і для більшості інших фізіологічних процесів, аденозинтрифосфат (АТФ). Оскільки рушійна сила виникає в основній масі цитоплазми, де відбувається гліколіз, то цей процес є постачальником хімічної енергії, яка перетворюється на механічну.

Різні інгібітори дихання (олігоміцин, 2,4-динітрофенол) гальмують швидкість руху цитоплазми, що свідчить про енергозалежність цього процесу. Рух цитоплазми – найдостовірніший

показник життєдіяльності рослинної клітини.

**Завдання 1. Дослідити явище руху цитоплазми за переміщенням хлоропластів у клітині елодеї.**

### Хід роботи

1. З верхівки пагону елодеї пінцетом відірвіть листочок та перенесіть у краплину акваріумної води на предметному склі.

2. За 5-10 хв, коли установиться стаціонарний рівень руху цитоплазми, об'єкт розгляньте за середнього збільшення та виберіть ділянку препарату, де найкраще спостерігати за її рухом (за зміною положення в клітинах хлоропластів).

*Примітка. У елодеї такою зоною є видовжені клітини поблизу центральної жилки або клітини зубчиків по краю листка. Розміщують препарат на столику так, щоб довга вісь клітини була паралельна шкалі окуляр-мікрометра.*

3. Поставте об'єктив х40 і визначіть швидкість руху хлоропластів, вимірюючи шлях, на який переміщується органела за одиницю часу у полі зору мікроскопа.

*Примітка. Для більшої точності вимірів бажано взяти довший відрізок шляху (наприклад, 10-15 поділок окуляра-мікрометра). Швидкість руху визначити для п'яти пластид у п'яти клітинах (для статистичної обробки).*

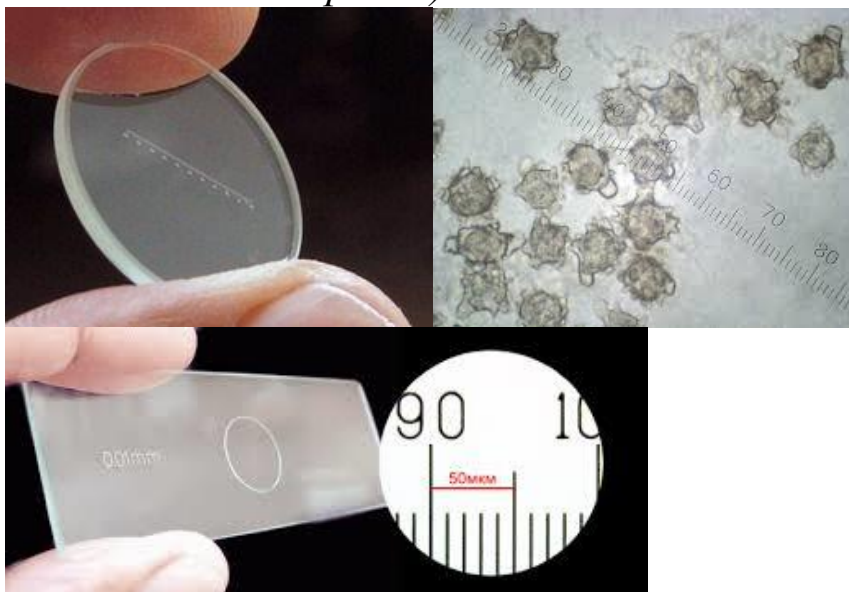


Рис. 1. Окуляр-мікрометр (у мікрометрах показана ціна поділки)

---



---



---

## Завдання 2. Дослідити вплив факторів на рух цитоплазми.

### Хід роботи

1. З одного боку покривного скельця нанесіть краплину  $5 \cdot 10^{-4}$  М розчину АТФ і одночасно відтягніть фільтрувальним папером воду з-під нього з другого боку. За 3-5 хв. після заміщення води на розчин АТФ повторіть визначення швидкості руху хлоропластів.

2. Розчин АТФ під накривним скельцем замініть на  $5 \cdot 10^{-4}$  М розчин 2,4-динітрофенолу (ДНФ) і через 3-5 хв. знову визначіть швидкість руху хлоропластів.

*Примітка. У цьому варіанті досліду будуть вже інші результати.*

3. Дані, отримані при визначенні швидкості руху цитоплазми за швидкістю переміщення в ній хлоропластів, запишіть у таблицю.

#### Вплив АТФ та 2,4-динітрофенолу (ДНФ) на швидкість руху цитоплазми клітин елодеї

Варіант досліду	Швидкість руху, мкм/с
Н <sub>2</sub> О, 20°С $5 \cdot 10^{-3}$ М АТФ $5 \cdot 10^{-4}$ М ДНФ	

### Висновки:

---



---



---



---



---



---

### Контрольні питання:

1. Охарактеризуйте зовнішню мітохондріальну мембрану. Яка її роль?
2. Мітохондріальний матрикс.
3. Дайте визначення внутрішньої мітохондріальної мембрани. Які процеси відбуваються в ній?
4. Охарактеризуйте протеїн-синтезуючу систему мітохондрій.

5. Що таке порин? Як забезпечується транспорт речовин із цитоплазми до матриксу мітохондрій? Які речовини транспортуються таким чином?
6. Про що свідчить наявність великої кількості крист у мітохондріях?
7. Як може змінюватись структура мітохондрій?
8. Охарактеризуйте генетичний апарат мітохондрій.
9. Функції мітохондрій.
10. Особливості мітохондрій.
11. Хлоропласти. Які процеси здійснюються у стромі хлоропластів?
12. Які процеси відбуваються на мембранах тилакоїдів?
13. Поясніть терміни: тилакоїд, ламела, грани, кристи.
14. Різновиди пластид.

## Лабораторна робота №11

### Тема: Органон клітини. Приготування гістологічного препарату для світлової та електронної мікроскопії

*Мета: навчитись виготовляти гістологічний препарат для світлової та електронної мікроскопії*

#### *Обладнання, матеріали, реактиви:*

Тканина, з якої готуватиметься препарат, флакон з фіксатором, батарея спиртів зростаючої концентрації, жиророзчинник, парафін, гістологічні барвники, канадський бальзам;

препарувальний набір, мікроскоп, скальпелі, предметні і покривні скельця, скляні палички, хімічні склянки, фільтрувальний папір, формочка для парафінування, обладнання для промивання проточною водою, термостат, водяна баня, мікротом.

#### **Завдання:**

1. Ознайомитись з методом забору матеріалу для приготування гістологічного препарату.
2. Опрацювати методику фіксації матеріалу для приготування гістологічного препарату.
3. Опрацювати методику закладення фіксованих препаратів в ущільнюючі середовища і приготування зрізів.
4. Опрацювати методику фарбування зрізів.
5. Опрацювати методику укладання зрізів для тривалого зберігання.
6. Ознайомитись з особливостями приготування матеріалу для електронно-мікроскопічного дослідження.

#### **Основними етапами приготування гістологічних препаратів є:**

1. забір матеріалу;
2. фіксація і зневоднення;
3. закладення в ущільнюючі середовища і приготування зрізів;
4. фарбування і контрастування зрізів;
5. укладання зрізу для тривалого зберігання.

**Завдання 1. Ознайомитись з методом забору матеріалу для приготування гістологічного препарату.**

**Взяття матеріалу – шматочка тканини або органу. Під час забору**

матеріалу необхідно дотримуватись правил:

- 1) забір матеріалу повинен проводитися якомога швидше після смерті або забою тварини, за можливості – від живого об'єкта. У таких випадках краще зберігається структура досліджуваних клітин;
- 2) забір матеріалу повинен проводитися гострим інструментом (гострими ножицями або лезом), щоб не травмувати тканини;
- 3) товщина шматочка не повинна перевищувати 5 мм, довжина – 10 мм, щоб фіксуєчий розчин зміг проникнути на усю глибину тканини;
- 4) обов'язково зробити маркування шматочка, при цьому вказуються найменування органу, номер тварини та прізвище людини, дата забору.

## **Завдання 2. Опрацювати методіку фіксації матеріалу для приготування гістологічного препарату.**

**Фіксація матеріалу** проводиться для того, щоб зупинити обмінні процеси у клітині і зберегти її від розпаду, лізису. Для цього, взятий на дослідження шматочок тканини, занурюють у фіксуєчий розчин.

Фіксатори є прості і складні. Прості фіксатори однокомпонентні: формалін (розчин формальдегіду у воді); етиловий, метиловий спирти; слабкі кислоти – ацетатна, пікринова; ацетон, солі важких металів (сулеми). До складних фіксаторів відносяться фіксатори, що складаються з декількох компонентів.

Наприклад:

1. Ценкер-формолова суміш (сулема, формалін, Калію біхромат, вода, Натрій сірчаноокислий). Кожен компонент цієї суміші покращує якісний результат. Наприклад: сулема є дуже хорошим фіксатором, але погано просякає тканини; Калію біхромат, навпаки, слабкий фіксатор, але добре просякає тканини. У поєднанні вони доповнюють один одного.

2. Розчин Карнуа (спирт, формалін, льодяна ацетатна кислота). Час фіксації залежить від виду фіксатора, вигляду і розміру об'єкта.

Потрібно забезпечити одночасне просякнення тканини з усіх боків. Для цього шматочки кладуть на скляну або звичайну вату, поміщену на дно посудини, або підвішують ниткою (загорнувши у марлю).

Фіксатор спричиняє денатурацію протеїнів і зберігає структуру клітин у стані, близькому до прижиттєвого. Фіксувати тканини можна



шляхом заморожування – охолодженням рідким Нітрогеном або струменем вуглекислого газу. Фіксація призводить до ущільнення та зменшення обсягу шматочків, а також покращує забарвлення клітин і тканин. Рівномірне забарвлення і однакова консистенція тканин на поверхні розрізу свідчать про те, що процес фіксації завершено.

Після фіксування тканину необхідно промити з метою звільнення від фіксатора у проточній воді (до 1 доби).

Наступні дії – зневоднення. Зневоднення проводять, занурюючи тканину поступово, у спиртах зростаючої концентрації (від 60° до 100°), щоб вберегти тканину від швидкого зморщування. 100° спирт називається абсолютним. Абсолютна концентрація спирту досягається внесенням до 96°-го спирту вологопоглиначів: прожареного мідного купоросу.

Для проведення процедури готують необхідну кількість хімічних склянок чи флаконів з притертими кришками, етикетують їх і заливають спиртами: 40, 50, 60, 70, 80 і 96% (по два), 100% (два). Такий послідовний ряд посудин отримав назву *гістологічної батареї*.

Таблиця 1.

### Приготування спиртів різних концентрацій

100 мл спирта	96% спирт	H <sub>2</sub> O	90% спирт	H <sub>2</sub> O	80% спирт	H <sub>2</sub> O	70% спирт	H <sub>2</sub> O
40%	42	58	44	56	50	50	57	43
45%	47	53	50	50	56	44	64	36
50%	52	48	56	44	63	37	71	29
60%	63	37	67	33	75	25	86	14
70%	73	27	78	22	88	12	—	—
80%	83	17	89	11	—	—	—	—
90%	94	6	—	—	—	—	—	—

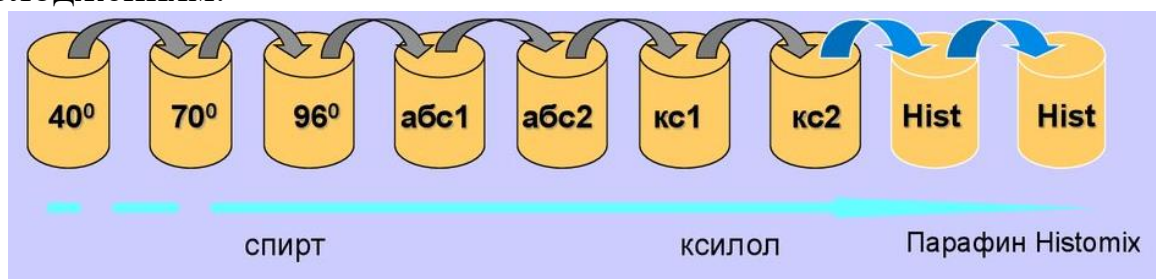
**Завдання 3. Опрацювати методику закладення фіксованих препаратів в ущільнюючі середовища і приготування зрізів.**

Після зневоднення проводять закладення об'єкта в ущільнюючі середовища. Такими середовищами є парафін, целоїдин.

Парафін – це тверда речовина – жировіск.

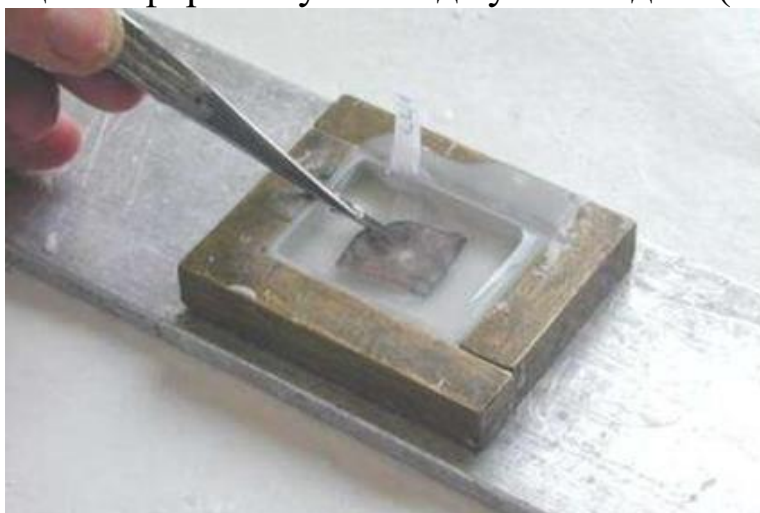
Заздалегідь об'єкт з абсолютного спирту переносять у суміш спирту з жиророзчинником (ксилол, хлороформ) у співвідношенні 1:1 на 2-3 год., а потім у порцію чистого жиророзчинника на 30 хв. Після

цього тканину вносять у насичений розчин парафіну у жиророзчиннику (1:1) з температурою плавлення 37°C. У цьому розчині об'єкт слід витримати до 1 доби. Потім препарат на декілька годин послідовно переносять в 2-гу порцію чистого парафіну з температурою плавлення 54-56°C (у термостаті). З просякненого парафіном препарату формують парафіновий блок шляхом заливки чистою порцією парафіну у спеціальній формі з наступним швидким охолодженням.



**Рис. 1. Схема зневоднення і просякнення парафіном. Батарея спиртів**

Заливку у блок здійснюють наступним чином. Призначений для заливки парафін підігрівають до 58-60 °С і акуратно вливають у приготовану форму, заповнюючи її по самі вінця і уникаючи утворення бульбашок повітря. Потім підігрітим пінцетом або металевим шпателем швидко переносять підготовлений до заливки об'єкт у формочку з парафіном і орієнтують у необхідному положенні. Після цього формочку охолоджують водою (10-18 °С).



**Рис. 2. Перенесення зразка тканини в ущільнювач**

Парафінова заливка дає можливість отримати тонкі рівномірні зрізи (2-7 мкм) і отримати серію зрізів, що необхідне для пошарового вивчення об'єкту.

Зрізи отримують з допомогою мікротому або ультрамікротому зі спеціальними ножами. Після нарізання зрізи для світлової мікроскопії приклеюються на предметні скельця, а для електронної – монтуються на спеціальні сіточки.

Товщина зрізів: 4-20 мкм , напівтонкі – 1-2 мкм , ультра тонкі – 400-800 нм.



Вмонтований парафіновий блок зі зразком тканини

Рис. 3. Мікротом – прилад для отримання зрізів

#### Завдання 4. Опрацювати методики фарбування зрізів.

**Фарбування зрізів** (у світловій мікроскопії), або напилення їх солями металів (в електронній мікроскопії) застосовують для збільшення контрастності зображення окремих структур при розгляді їх у мікроскопі. Для цього зрізи необхідно **депарафінувати**: видалити парафін зануренням скла у ксилол, а потім нейтралізувати ксилол послідовним промиванням у спиртах спадаючої концентрації (у протилежному напрямку, який описано у завданні 2) і воді.

Етикетують хімічні склянки (або високі бюкси), вносять у них відповідні розчини і встановлюють у певній послідовності, що забезпечує проведення маніпуляцій за наступною схемою: ксилол (бензол, толуол) – двічі по 2-3 хв → спирт 96° - 2-3 хв → спирт 70° - 2-3 хв → 40° - 2-3 хв → вода дистильована – 2 хв і більше.

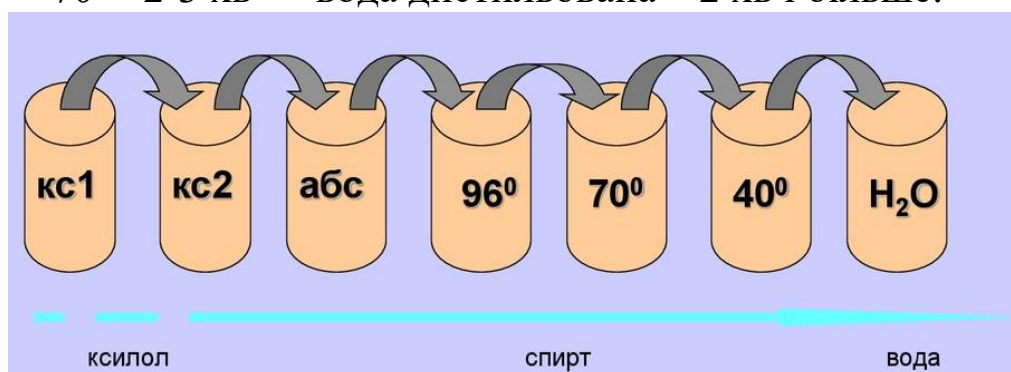


Рис. 4. Схема депарафінізації

Фарба наноситься на зріз на декілька хвилин, потім змивається водою. Зазвичай використовується комбіноване забарвлення з використанням двох або декількох барвників, що вибірково фарбують різні структури, наприклад: гематоксилін (ядра) + еозин (цитоплазма).

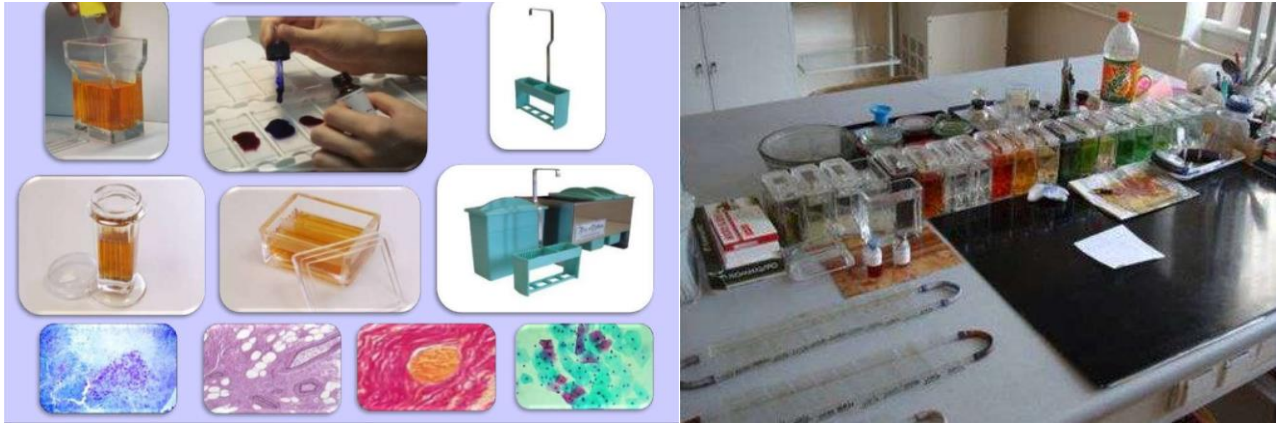


Рис. 5. Фарбування зрізів

Методи забарвлення гістологічних структур дуже різноманітні і вибираються залежно від завдань дослідження.

### Гістологічні барвники.

Існує декілька класифікацій барвників. За походженням барвники бувають рослинними, тваринними, мінеральними. За хімічними властивостями – кислі основні, нейтральні. Найбільше прикладне значення має класифікація барвників за призначенням. Відповідно до цієї класифікації всі барвники поділяються на дві групи:

#### *Прижиттєві (вітальні):*

- трипановий синій;
- янус зелений;
- метиленовий синій;
- конго червоний.

#### *Посмертні (поствітальні):*

1. Загальні;
2. Спеціальні.

1. Загальні барвники поділяють на: ядерні (основні), цитоплазматичні (кислі).

Загальні ядерні барвники фарбують ядра будь-яких клітин у свій основний колір. Наприклад:

Гематоксилін – забарвлює ядра у фіолетово-чорний колір;

Азур – забарвлює ядра у синій колір;

Сафранін – забарвлює ядра у червоний колір.

Оскільки хімічна природа ядра кисла (ДНК, РНК), ядерний барвник має властивості лугу. У зв'язку з цим, здатність якої-небудь структури забарвлюватися основними барвниками називається **базофілією** (basis – основа (луг), *philia* – любов), а сама структура – базофільною. Висока концентрація РНК в цитоплазмі може зумовити її базофілію.

Загальні барвники цитоплазми фарбують цитоплазму будь-яких

клітин у свій основний колір.

Еозин – фарбує цитоплазму в оранжево-рожевий колір;

Водна синька – у блакитний колір;

Фуксин кислий – інтенсивно-рожевий колір.

Більшість барвників цитоплазми є кислими, оскільки гіалоплазма диференційованих клітин насичена основними протеїнами. Властивість якої-небудь структури забарвлюватися кислими барвниками називається ацидофілією або *оксифілією* (*acidicum* – кислота, *philia* – любов), а сама структура – ацидофільною.

2. Спеціальні барвники зв'язуються вибірково з певною клітинною або позаклітинною структурою, дозволяючи відрізнити її або виділити від схожих за будовою структур. Найчастіше спеціальні барвники застосовують у тих випадках, коли досліджувана структура загальними барвниками не забарвлюється. Наприклад, включення жиру і включення слизу при загальному забарвленні залишаються безбарвними. Використання спеціального барвника муцикарміну дозволяє пофарбувати слиз у червоний колір, а осмієва кислота забарвить ліпіди у чорний.

Інші приклади:

Судан III фарбує ліпіди в оранжево-червоний колір;

Пікринова кислота – м'язева тканина – жовтий колір;

Кармін Беста – глікоген – червоний колір;

Резорцин-фуксин – еластичні волокна – синьо-фіолетовий колір;

Орсеїн – еластичні волокна – червоно-бурий колір.

**Імпрегнація** – метод виявлення структур клітин і тканин, базується на різній їх здатності утримувати або відновлювати солі важких металів (Аргентум, Плюмбум, Осмій, Аурум).

## **Завдання 5. Опрацювати методики укладання зрізів для тривалого зберігання.**

Після забарвлення зрізи промивають водою, зневоднюють спиртом, спирт видаляють ксилолом, який одночасно робить зрізи прозорими. Зрізи висушують на повітрі. На зрізи наноситься крапля канадського або ялівцевого бальзаму, після чого він покривається покривним скельцем і підсушується. Такі постійні гістологічні препарати можуть зберігатися довго.



Рис. 6. Готовий постійний гістологічний препарат для світлової мікроскопії

## Завдання 6. Ознайомитись з особливостями приготування матеріалу для електронно-мікроскопічного дослідження.

Особливості обумовлені субмікроскопічним і молекулярним рівнем дослідження. Звичайні фіксатори спричиняють грубу коагуляцію протеїнів, отримання артефактів. Тому в електронній мікроскопії використовують фіксатори глутаральдегід або Осмію чотириокис. Як ущільнюючі середовища використовують епоксидні смоли. Приготування ультратонких зрізів (нм) відбувається на спеціальних приладах ультрамікротомів за допомогою скляних або діамантових ножів. Для електронної мікроскопії зрізи, отримані на ультрамікротомі, поміщають на спеціальні сітки, контрастують солями Марганцю, Кобальту, тощо, після чого переглядають у мікроскопі і фотографують. Отримані мікрофотографії служать об'єктом вивчення поряд з гістологічними препаратами.

### Гістологічний препарат

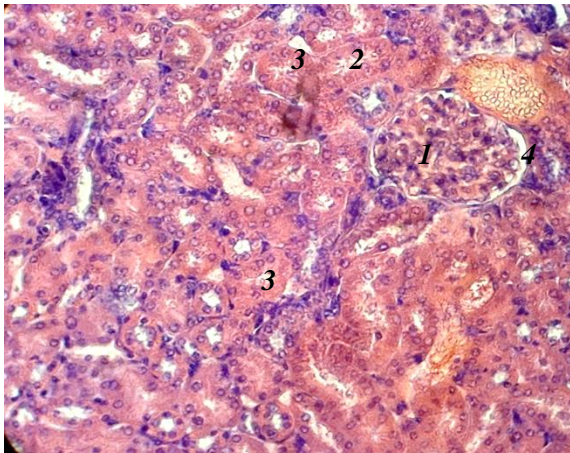


Рис. 7. Гістологічний препарат нирки інтактних мишей.

Гематоксилін-еозин (×200)  
(кірковий шар)

- 1- ниркове тільце ( мальпігієвий клубочок)
- 2- проксимальні звивисті каналці
- 3- дистальні звивисті каналці
- 4- порожнина капсули Боумена-Шумлянського

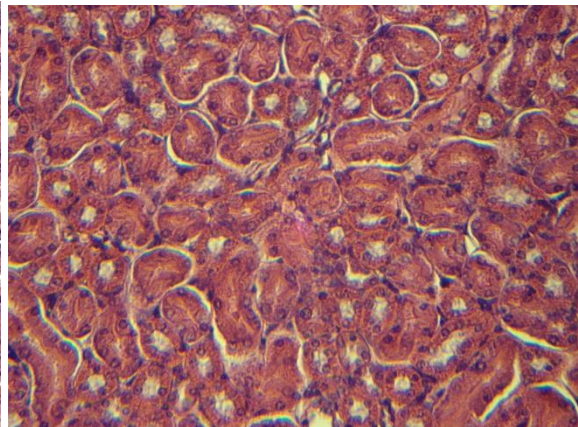
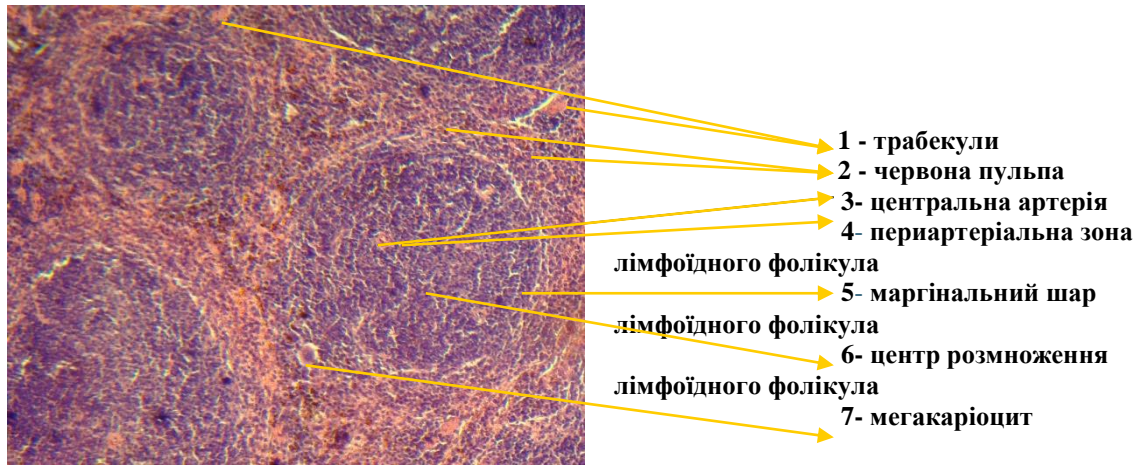
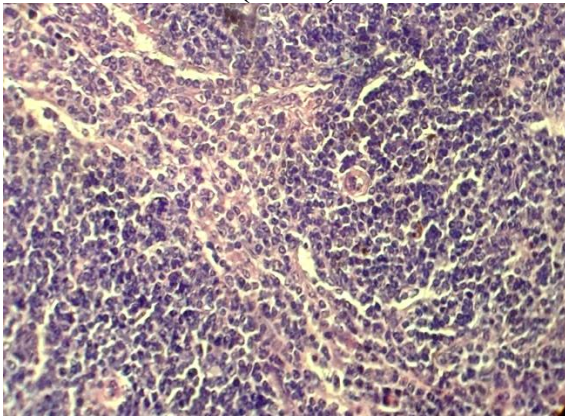


Рис. 8. Гістологічний препарат нирки інтактних мишей.

Гематоксилін-еозин (×200)  
(мозковий шар)



(×100)



(×200)

Рис. 9. Гістологічний препарат селезінки інтактних мишей. Гематоксилін-еозин (фолікули)

### Висновки:

---



---



---



---



---



---



---



---

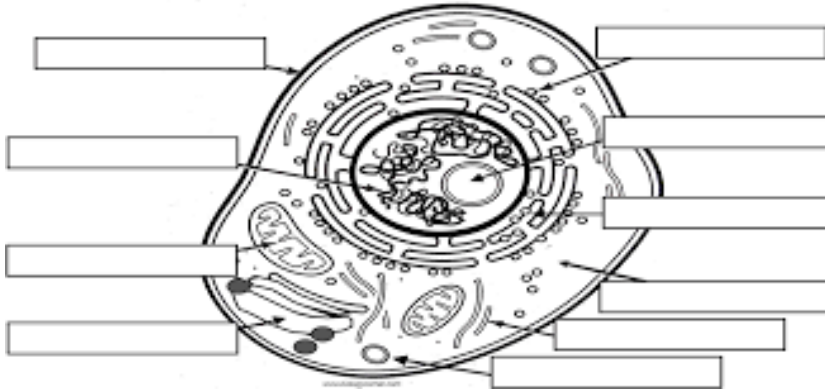


---



---

### Позначте структури клітини.



### Контрольні питання:

1. Які види ендоплазматичної сітки Ви знаєте? Які їхні функції?
2. Дайте порівняльну характеристику гладенької та гранулярної ендоплазматичної сітки.
3. Чим відрізняється синтез білків «на експорт» від синтезу трансмембранних білків плазмолемі?
4. Як відбувається фіксація рибосом на ендоплазматичній сітці?
5. Синтез яких речовин активується у клітині при збільшенні кількості мембран гладенької ендоплазматичної сітки? Відповідь обґрунтуйте.
6. Що таке проміжний ретикулум (проміжна ендоплазматична сітка)?
7. Які посттрансляційні модифікації білків відбуваються у гранулярній ендоплазматичній сітці?
8. Які сучасні уявлення про механізм транспорту поліпептидного ланцюга через мембрану гранулярної ендоплазматичної сітки?
9. Що таке цис- та транс-полюси апарату Гольджі? Яка між ними різниця?
10. Будова диктіосоми апарату Гольджі.
11. Які функції виконує комплекс Гольджі?
12. Опишіть механізм сортування у апараті Гольджі.
13. Яка роль клатринових пухирців?
14. Як утворюються аутофагосоми? Яку функцію вони виконують?
15. Класифікація лізосом.
16. Чим відрізняються лізосоми різних типів?
17. Які функції виконують пероксисоми?
18. Як можна на електронограмі відрізнити пероксисоми від лізосом у клітині?



19. Цитоскелет.
20. Назвіть основні етапи виготовлення постійних препаратів.
21. У чому суть фіксації?
22. Які бувають фіксатори, у в чому полягає механізм їхньої дії?
23. Для чого використовують заливку у тверді середовища (парафін, парапласт тощо) гістологічних об'єктів?
24. Як називаються прилади для отримання гістологічних зрізів?
25. Назвіть оптимальну товщину зрізів при використанні парафіну?
26. З якою метою забарвлюють гістологічні препарати?
27. Які групи барвників використовують у гістологічній практиці? Наведіть приклади.
28. Які забарвлені структури називають «оксифільними» та «базофільними»?
29. Які фіксатори, барвники використовують для електронної мікроскопії?

## Лабораторна робота №12

### Тема: Відтворення клітини. Цитогенетичні основи мітозу, мейозу

*Мета:* навчитись розрізняти фази мітозу, мейозу у рослинних клітинах, вивчити структурні компоненти хромосом.

*Обладнання, матеріали, реактиви:*

постійні мікропрепарати корінця цибулі та слинних залоз мотиля; молоді бутони рослин (свіжі або фіксовані), постійні препарати мейозу, мікроскопи, біокулярні лупи, чашки Петрі, ацетокармін, спиртівки, предметні і покривні скельця, пінцети, препарувальні голки, леза бритви, фільтрувальний папір.

**Завдання:**

1. Вивчення мітозу у клітинах корінця цибулі.
2. Виготовити ацетокармінові препарати із молодих пиляків рослин.

	Кількість ДНК	маса ДНК
<b>Мітоз</b>		
<i>Інтерфаза</i>	$2n2c - 2n4c$	$6 \times 10^{-9} \text{мг} - 12 \times 10^{-9} \text{мг}$
<i>Профаза</i>	$2n4c$	$12 \times 10^{-9} \text{мг}$
<i>Метафаза</i>	$2n4c$	$12 \times 10^{-9} \text{мг}$
<i>Анафаза</i>	$4n4c$	$12 \times 10^{-9} \text{мг}$
<i>Телофаза</i>	$2n2c$	$6 \times 10^{-9} \text{мг}$
<b>Мейоз</b>		
<i>Інтерфаза</i>	$2n2c - 2n4c$	$6 \times 10^{-9} \text{мг} - 12 \times 10^{-9} \text{мг}$
<i>Профаза 1</i>	$2n4c$	$12 \times 10^{-9} \text{мг}$
<i>Метафаза 1</i>	$2n4c$	$12 \times 10^{-9} \text{мг}$
<i>Анафаза 1</i>	$2n4c$	$12 \times 10^{-9} \text{мг}$
<i>Телофаза 1</i>	$n2c$	$6 \times 10^{-9} \text{мг}$
<i>Профаза 2</i>	$n2c$	$6 \times 10^{-9} \text{мг}$
<i>Метафаза 2</i>	$n2c$	$6 \times 10^{-9} \text{мг}$
<i>Анафаза 2</i>	$2n2c$	$6 \times 10^{-9} \text{мг}$
<i>Телофаза 2</i>	$nc$	$3 \times 10^{-9} \text{мг}$

**Приклад:** у оогоніях і сперматогоніях людини 46 однохроматидних хромосом ( $n$ ), відповідно 46 ДНК ( $c$ ). Одна хроматида – це одна дволанцюгова ДНК. Розписати скільки хромосом і ДНК у кожній фазі клітинного циклу.

Попередники гамет (оогонії, сперматогонії) входять у клітинний цикл з набором  $2n2c$  (46 хромосом, 46 ДНК). Під час S-фази відбувається реплікація, кількість ДНК збільшується удвічі. У S-фазі набір клітини  $2n4c$  (46 двохроматидних хромосом, отже, 92 ДНК). Отже, у мейоз клітина вступає з набором  $2n4c$ .

### Мейоз

Фази мейозу	кількість хромосом	кількість ДНК
Профаза 1 ( $2n4c$ )	46 (двохроматидні)	92
Метафаза 1 ( $2n4c$ )	46 (двохроматидні)	92
Анафаза 1 ( $2n4c$ )	46 (двохроматидні)	92
<i>Під час анафази 1 мейозу до кожного полюса клітини відходять двохроматидні хромосоми</i>		
Телофаза 1 ( $n2c$ )	23 (двохроматидні)	46
<i>У результаті першого мейотичного поділу утворюється дві клітини з набором <math>n2c</math> (23 двохроматидні хромосоми)</i>		
Інтерфаза 2 ( $n2c$ )	23 (двохроматидні)	46
<i>У інтерфазі 2 реплікація ДНК не відбувається</i>		
Профаза 2 ( $n2c$ )	23 (двохроматидні)	46
Метафаза 2 ( $n2c$ )	23 (двохроматидні)	46
Анафаза 2 ( $2n2c$ )	46 (однохроматидні)	46
<i>Під час анафази 2 мейозу до кожного полюса клітини відходять по одній хроматиді від двохроматидної хромосоми</i>		
Телофаза 2 ( $nc$ )	23 (однохроматидні)	23

**При заплідненні кожна з гамет у зиготу «постачає» 23 однохроматидні хромосоми, відновлюється набір  $2n2c$  (46 однохроматидних хромосом), зигота ділиться мітозом як і всі соматичні клітини.**

### Мітоз

Інтерфаза ( $2n4c$ )	46 (двохроматидні)	92
<i>У інтерфазі відбулась реплікація ДНК</i>		
Профаза ( $2n4c$ )	46 (двохроматидні)	92
Метафаза ( $2n4c$ )	46 (двохроматидні)	92
Анафаза ( $4n4c$ )	92 (однохроматидні)	92
<i>Під час анафази мейозу до кожного полюса клітини відходять по одній хроматиді від двохроматидної хромосоми</i>		

Телофаза ( $2n2c$ ) 46 (однохроматидні) 46

### **Завдання 1. Вивчення мітозу у клітинах корінця цибулі.**

#### **Хід роботи**

1. При малому збільшенні мікроскопа знайдіть на препараті корінця цибулі три зони: кореневий чохлак (складається із товстостінних клітин), зону поділу і зону росту або розтягу, що складається із продовгуватих клітин. В якій зоні переважно відбувається поділ?

2. При великому збільшенні мікроскопа знайдіть у другій зоні клітини, які не діляться, а перебувають у інтерфазі. Який вони мають вигляд? Зарисуйте одну клітину і зробіть відповідні позначення.

3. Знайдіть клітину у фазі профаза. У цей час помітні товсті і короткі хромосоми. Зарисуйте клітину і позначте хромосоми.

4. Знайдіть клітину у фазі метафаза. Хромосоми прикріплені до веретена поділу і розташовані на екваторі клітини. Зарисуйте клітину і зробіть відповідні позначення.

5. Знайдіть клітину у фазі телофаза. На цій стадії хромосоми розташовані по полюсах клітини. У центрі починається утворення міжклітинної перегородки. Зарисуйте клітину.

6. При великому збільшенні мікроскопа розгляньте мікропрепарат велетенських хромосом з клітини слинних залоз мотилі. У ядрах помітні крупні хромосоми і прозора каріоплазма. На четвертій найкоротшій хромосомі розташоване ядрце. Хромосоми мають вигляд посмугованих ліній із «здуттями». Зарисуйте препарат і зробіть позначення.

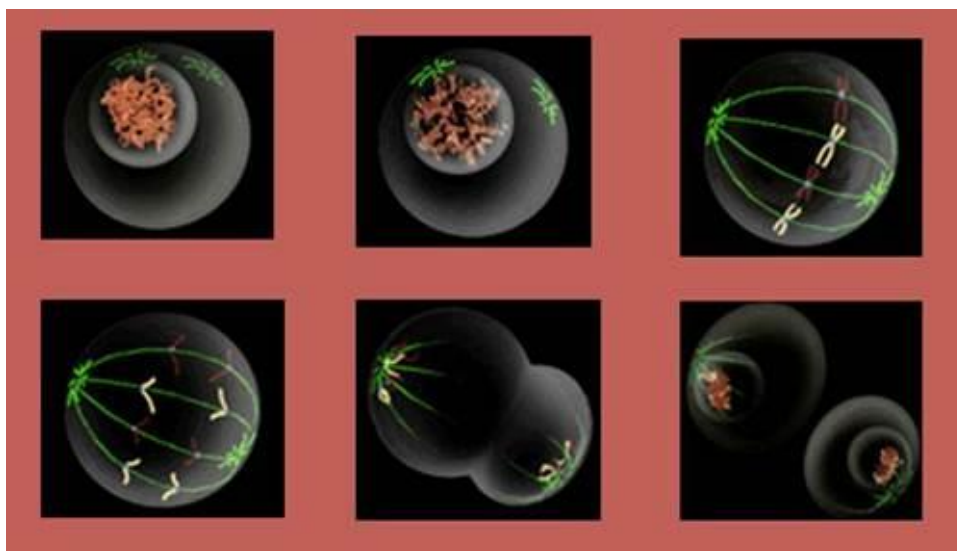


Рис. 1. Фази мітозу

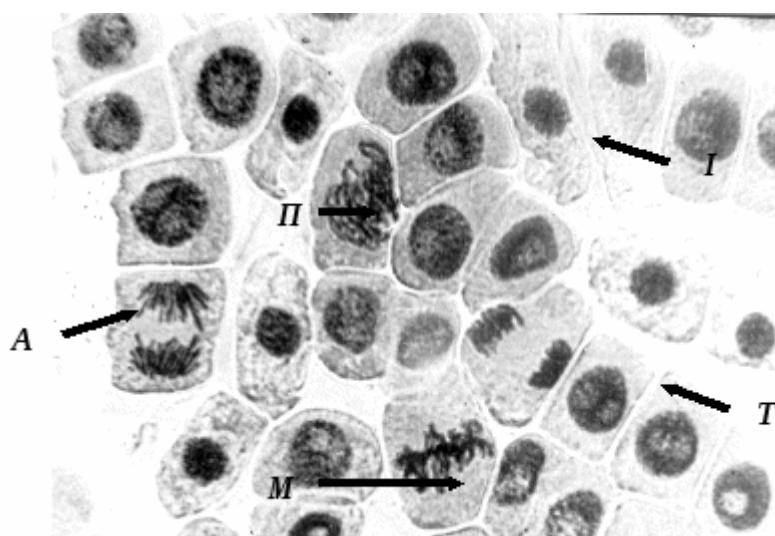
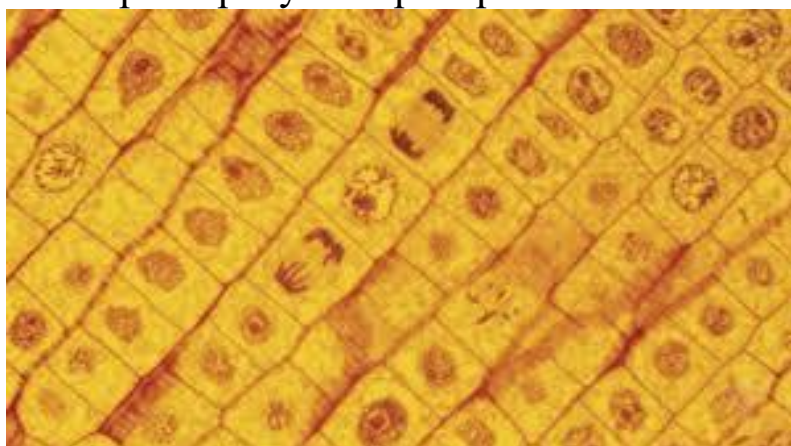


Рис. 2. Мітоз у корінцях цибулі: 1 – інтерфаза, II – профаза; М – метафаза; А – анафаза; Т- телофаза

Охарактеризуйте препарат.




---



---



---

---

---

---

## **Завдання 2. Виготовити ацетокармінові препарати із молодих пиляків рослин.**

Вивчати мейоз зручніше на постійних препаратах повздовжніх зрізів пиляків рослин, зафіксованих під час мікроспорогенезу. Проте, основні фази мейотичного поділу клітин добре видно і на тимчасових препаратах. Найкращими об'єктами для цієї мети є представники родини Лілійних: різні види лілій, лілійник тощо. Крім лілійних, мейоз добре досліджувати на злакових сільськогосподарських рослинах, фертильних сортах картоплі. Фази поділу материнських клітин розглядають на дуже молодих пиляках рослин. Так, якщо дозрілі бутони лілії мають довжину 8 – 10 см, то фази мейозу можна бачити лише в бутонах, які ледве досягли 3 – 5 мм. Під час цвітіння рослин тимчасові препарати готують безпосередньо з живого матеріалу, а взимку – з фіксованого, приготованого заздалегідь. З цією метою влітку зрізають бутони і вносять їх у фіксатор Н'юкамера на 24 год. Після цього бутони промивають у 96%-му, потім у 70%-му спирті по 30 – 40 хв., у третьому 70%-му спирті залишають зберігатись.

### **Хід роботи**

1. Для того, щоб знайти і розглянути всі стадії мейозу, необхідно кілька бутонів внести до чашки Петрі з кришечкою у 70%-ий спирт і розмістити за зростаючою величиною.
2. За допомогою препарувальної голки та пінцету візьміть один найменший бутон, відокремте від нього пиляк і перенесіть у краплю ацетокарміну на предметне скло.
3. Під бінокулярною лупою (або неозбресним оком) розгляньте пиляк, розрізавши його навпіл, і притримуючи голкою, видавіть другою голкою його вміст.
4. Перенесіть на предметне скло ще краплю ацетокарміну і підігрійте препарат близько 3 хв., над полум'ям спиртівки (не повинно кипіти!).
5. Фільтрувальним папером вберіть краї великої ацетокармінової краплі. Тканини покривів пиляка заберіть. Накрийте

препарат покривним склом і розподіліть клітини у один шар, притискаючи покривне скло.

6. Розгляньте препарат спочатку при малому збільшенні, а потім перевести мікроскоп на збільшення з імерсією. На препараті, виготовленому з наймолодшого пиляка, видно материнські клітини пилку до ділення. Найінтенсивніше забарвлені хромосомні нитки і ядерця.

7. Приготуйте препарати з більших пиляків, знайдіть на них і зарисуйте всі фази першого і другого мейотичного поділів.

8. Для того, щоб розглянути тетради, приготуйте окремо препарат з пиляка ще більшого розміру.

9. Після того, як розглянули фази мейозу на тимчасових препаратах, розгляньте постійні препарати мікроспорогенезу рослин, знайти на них профазу I та окремі її стадії і зарисуйте. Зверніть увагу на рисунки нижче, які допоможуть краще зрозуміти побачене на мікропрепаратах.

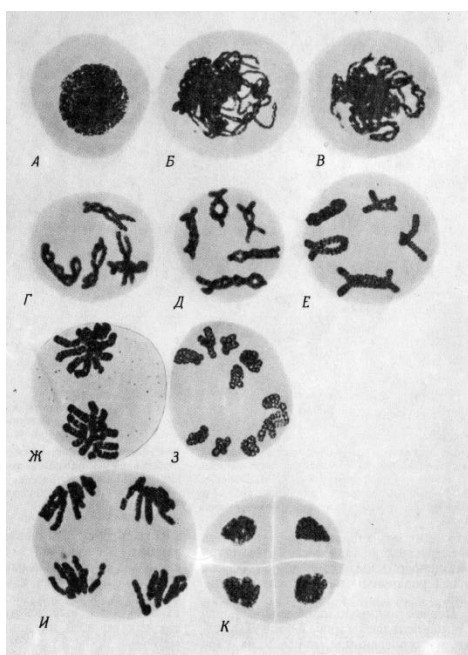


Рис. 4. Фази мейозу у мікроспороцитах лілії. А. Зиготена. Б. Пахітена. В. Рання диплотена. Г. Пізня диплотена. Д. Діакінез. Е. Метафаза I. Ж. Пізня метафаза I. З. Метафаза II. И. Анафаза II. К. Стадія чотирьох мікроспор.

## Висновки:

---



---



---



---



---

---

---

---

---

### Контрольні питання:

1. Загальна характеристика ядра.
2. Чому ядерна мембрана має пори? У чому полягає функціональна специфіка ядерної мембрани?
3. Поверхневий апарат ядра.
4. Ядерця.
5. Ядерний сік.
6. Особливості поведінки деяких структур ядра за ділення клітини.
7. Клітинний цикл.
8. Регулятори клітинного циклу.
9. Мітоз.
10. У чому полягають функції ядерної ламіни?
11. Що таке кінетохор?
12. Що таке центромера? Характеристика.
13. Що таке цитокінез? Коли він відбувається?
14. Яке біологічне значення мітозу?
15. Мейоз.
16. Що таке біваленти?
17. На якому етапі мейозу утворюються біваленти?
18. На якому етапі мейозу відбувається розходження гомологічних хромосом?
19. На якому етапі мейозу в екваторіальній площині клітини розташована гаплоїдна кількість двохроматидних хромосом?
20. На якому етапі мейозу відбувається розходження однохроматидних хромосом?
21. Вкажіть на властиві мейозу процеси, в яких беруть участь хромосоми під час профазі I.
22. У чому полягає біологічне значення мейозу?
23. Чим відрізняється мейоз від мітозу? Відповідь обґрунтуйте.
24. Як підтримується постійне число хромосом і постійна кількість ДНК кожного виду в поколіннях?
25. Назвіть фази першого та другого поділу мейозу. Чим характеризується кожна фаза?
26. Назвіть стадії профазі I, охарактеризуйте кожен з них.



## Лабораторна робота № 13

### Тема: Індивідуальна характеристика хромосом людини. Визначення X-хроматину.

*Мета: навчитись розрізняти поняття «ідіограма», «генотип», «геном», характеризувати каріотип, досліджувати генетичні зміни*

*Обладнання, матеріали, реактиви:*

Схеми коріограми людини, метафазна пластинка, інструкційна картка Денверської класифікації хромосом, постійний препарат ядра інтерфазної клітини, 1% розчину ацетоорсеїну, стерильний металевий шпатель, предметне скельце, фільтрувальний папір, мікроскоп.

#### Завдання:

1. Дослідити особливості каріотипу людини.
2. Приготування тимчасового мікропрепарату зішкрібку клітин букального епітелію для дослідження X-хроматину, порівняння з постійним препаратом ядра інтерфазної клітини.

**Каріотип** – диплоїдний набір хромосом клітини, який характеризується: кількістю хромосом, певними їх розмірами, формою, будовою, характерний певному біологічному виду. Для визначення каріотипу використовують цитогенетичний метод, за допомогою якого вивчають структуру та кількість хромосом у досліджуваних клітинах організму. У медичній практиці для підтвердження діагнозу хромосомної хвороби виникає потреба встановити каріотип пацієнта.

*Диплоїдний набір хромосом ( $2n$ ) – повний набір хромосом, міститься у соматичних клітинах*

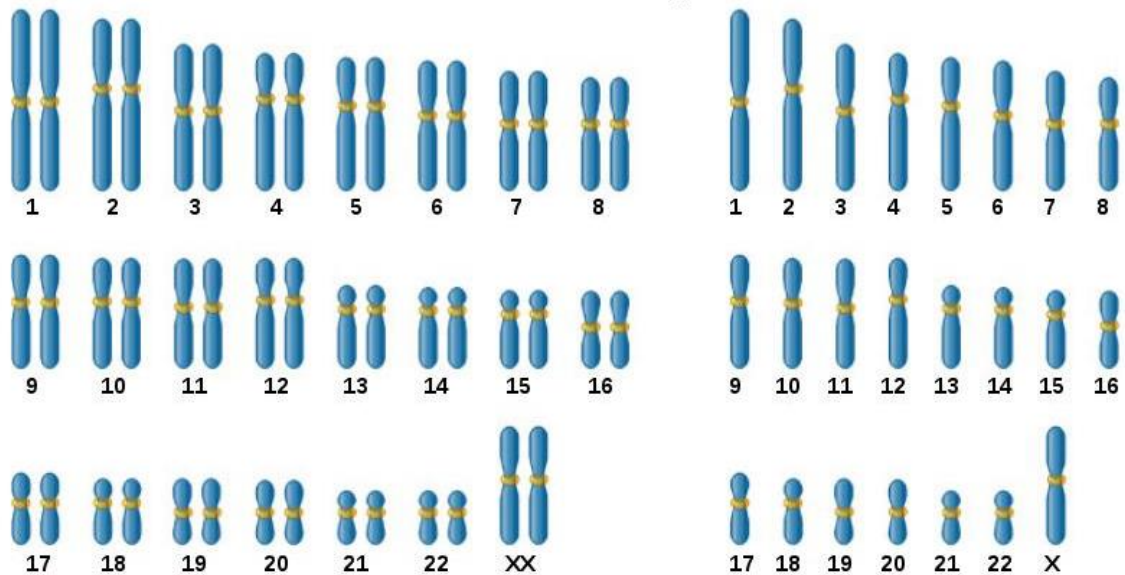
*Гаплоїдний набір хромосом ( $n$ ) – половинний набір хромосом, міститься у статевих клітинах*

Хромосомні набори людини містять одну пару **статевих хромосом і 22 пари аутосом**. Статеві хромосоми можуть бути однаковими XX або різними XY.

$$2n=44a+XX \text{ (каріотип жінки)}$$

$$2n=44a+XY \text{ (каріотип чоловіка)}$$

**Ідіограма** – розташування пар хромосом у порядку зменшення їх розмірів.



(а) сукупність генів  
диплоїдного набору хромосом

(б) сукупність генів  
гаплоїдного набору хромосом

### Генотип

### Геном

Хромосоми розподіляють на три типи:

- **метацентричні хромосоми** – центромера ділить хромосому на два плеча, приблизно однакових за довжиною;
- **субметацентричні хромосоми** – центромера ділить хромосому на два плеча, різних за своєю довжиною;
- **acrocentric хромосоми** – центромера ділить хромосому на два плеча, довжина яких різняться настільки сильно, що під мікроскопом короткі плечі майже не помітні.

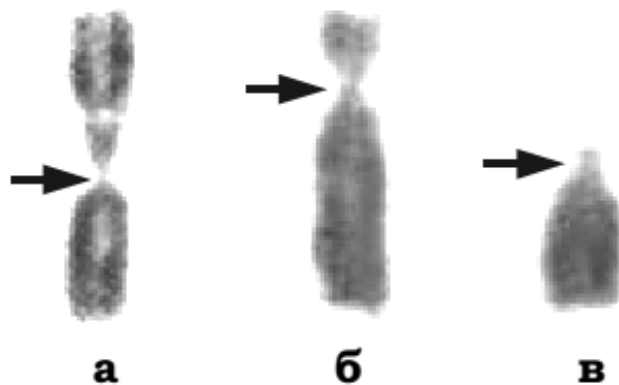


Рис.1. Хромосоми: а – метацентричні, б – субметацентричні, в - акроцентричні

У жінки є дві X-хромосоми у соматичних клітинах. Відповідно до біологічної організації одна з X-хромосом жінки знаходиться у конденсованому стані (гетерохроматин), яку у світловий мікроскоп можна дослідити. X-гетерохроматин – це дископодібне тільце (тільце Барра), що виявляється в інтерфазних ядрах соматичних клітин людини, розміщене безпосередньо на внутрішній поверхні ядерної

мембрани.

Спіралізована X-хромосома жінок конденсується ще в ранньому ембріогенезі.

Визначення X-хроматину в соматичних клітинах має значення як експрес-метод діагностики хромосомних захворювань, пов'язаних зі зміною кількості X-хромосом. У чоловіків тільця Барра відсутні, у жінок – одне. Зміна цих характеристик є ознакою мутацій.

### **Завдання 1. Дослідити особливість каріотипу людини.**

1. Розгляньте мікрофотографію метафазних пластинок клітин людини, що має нормальний каріотип. На ній зображено хромосоми на стадії метафази (рис. 2). Опишіть її. Яка кількість хромосом на ній? Скільки хромосом є парними? Які хромосоми непарні?

2. Для дослідження особливостей цього каріотипу необхідно хромосоми розмістити (класифікувати) за певною схемою (рис. 2 внизу). Хромосоми розподіляють за групами у міру зменшення їхніх відносних розмірів та центромерного індексу. Ознайомтесь з Денверською міжнародною класифікацією. Згідно з Денверською міжнародною класифікацією, хромосоми людини поділяють на сім груп: А, В, С, D, E, F, G. Усі хромосоми мають порядкові номери. До групи А потрапляють найбільші хромосоми (метацентричні або близькі до них), а до групи С – найменші (acroцентричні).

3. Розподіліть хромосоми за групами, використовуючи запропоновану мікрофотографію метафазної пластинки. Для цього бережно виріжте зображення хромосом. Ідентифікуйте їх згідно з розмірами і положенням центромери, підберіть для кожної хромосоми відповідну гомологічну пару, а потім систематизуйте їх за групами А, В, С, D, E, F, G. Першими визначте хромосоми 1-ої та 2-ої пар. Вони найбільші за розмірами, але хромосоми 1-ої пари метацентричні, а 2-ої – субметацентричні; 3-тя пара хромосом – метацентричні. Вони коротші, ніж хромосоми 1-ої та 2-ої пар. Хромосоми 1-ої – 3-ої пар утворюють групу А; 4-та й 5-та пари хромосом – субметацентричні. Вони майже однакові за розміром і формою, тому їх важко диференціювати. Вони належать до групи В. Хромосоми 6-ої-12-ої пар – в основному субметацентричні, середніх розмірів, відрізняються між собою довжиною плечей; ці хромосоми утворюють групу С. До групи С належить також статеві X-хромосома. Хромосоми 13-ої-15-ої пар (група D) – типово акроцентричні, мають середні розміри; хромосоми 16-ої-18-ої пар (група E) – субметацентричні, мають невеликі розміри;

хромосоми 19-ої-20-ої пар (група F) за формою ближчі до метацентричних, короткі. Хромосоми 21-ої-22-ої пар (група G) – найменші акроцентричні хромосоми. Y-хромосома за розміром і формою схожа на 21-шу та 22-гу пари хромосом. Відмінність між ними полягає в тому, що в Y-хромосоми довгі плечі розташовані паралельно, але чітко диференціювати цю хромосому можна не на всіх метафазних пластинках.

4. Підібравши гомологічні пари, розмістіть їх згідно з порядковим номером та наклейте у відведеному місці унизу наступної сторінки. Хромосоми, що належать до однієї групи, об'єднайте фігурною дужкою і вкажіть їхню групу. Зробіть висновок про каріотип, зазначивши:

- а) кількість хромосом у ньому;
- б) хромосомну стать.

#### Денверська класифікація хромосом

Група	Номер за каріотипом	Характеристика хромосом
<b>A</b>	<b>1-3</b>	1 і 3 метацентричні, 2 – субметацентрична, великі
<b>B</b>	<b>4-5</b>	Великі субметацентричні
<b>C</b>	<b>6-12, X</b>	Середні субметацентричні
<b>D</b>	<b>13-15</b>	Середні акроцентричні
<b>E</b>	<b>16-18</b>	Дрібні субметацентричні, 18- акроцентрична
<b>F</b>	<b>19-20</b>	Найдрібніші метацентричні
<b>G</b>	<b>21-22, Y</b>	Найдрібніші акроцентричні

**Завдання 2. Приготування тимчасового мікропрепарату зішкрібу клітин букального епітелію для дослідження X-хроматину, порівняння з постійним препаратом ядра інтерфазної клітини.**

1. Приготуйте тимчасовий мікропрепарат зішкріб клітин букального епітелію. Для цього візьміть стерильний металевий

шпатель і, легко натискуючи ним на слизову оболонку щоки, зробіть зішкріб. Отримані клітини обережно перенесіть на чисте і попередньо знежирене предметне скло.

2. Нанесіть на отриманий зішкріб 2-3 краплі 1 % розчину ацетоорсеїну. Через 3-4 хв накрийте препарат покривним скельцем. Надлишки фарби, що виступають за межі покривного скельця, зніміть за допомогою фільтрувального паперу. Готовий мікропрепарат розгляньте спочатку при малому (окуляр x10, об'єктив x8) та середньому (окуляр x10, об'єктив x40) збільшеннях мікроскопа. У полі зору Ви побачите шар епітеліальних клітин, у цитоплазмі яких видно інтерфазні ядра.

3. Зверніть увагу на форму ядер, розміри, особливості розміщення гетерохроматину, форму та товщину ядерної мембрани. Потім продовжуйте досліджувати мікропрепарат при великому збільшенні (окуляр x10, об'єктив x90). Для визначення відсоткового вмісту X-хроматину слід проаналізувати 100 клітин. Пам'ятайте про те, що X-хроматин враховується лише у клітинах, які мають ядра правильної овальної форми, оптично щільні, з рівною, непошкодженою і непотовщеною ядерною оболонкою (мал. 3). Кількість X-хромосом у клітинах дорівнює кількості грудочок X-хроматину плюс один. Зверніть увагу, що X-хроматин локалізується примембранно у ядрі і може бути кулястої, овальної, трикутної форми або у вигляді потовщення ядерної мембрани. Кількість клітин з X-хроматином у нормі становить 20-50%. Визначте відсотковий вміст клітин, що містять X-хроматин, у приготованому Вами тимчасовому мікропрепараті.

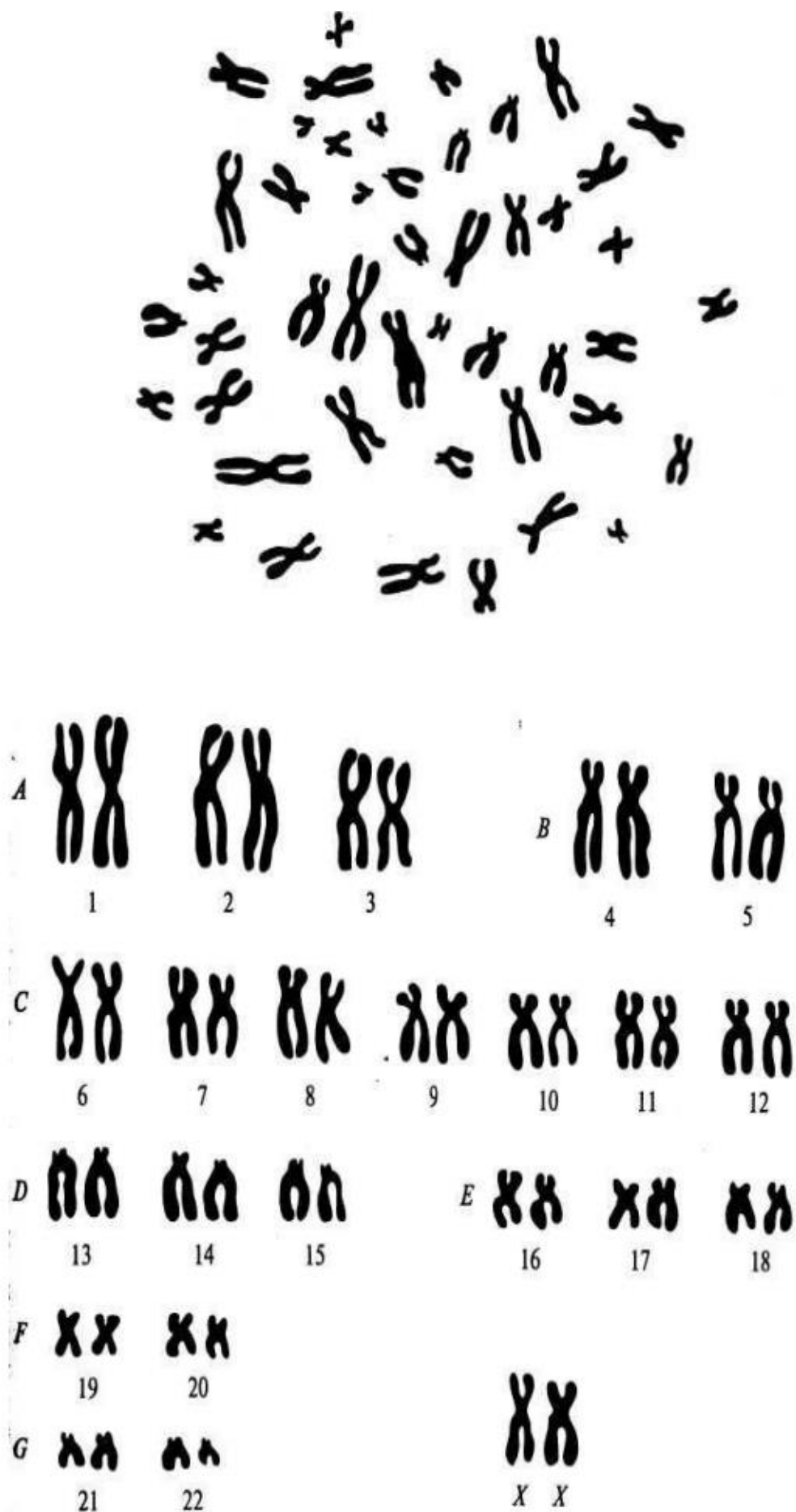


Рис. 2. Метафазна пластинка і каріограма

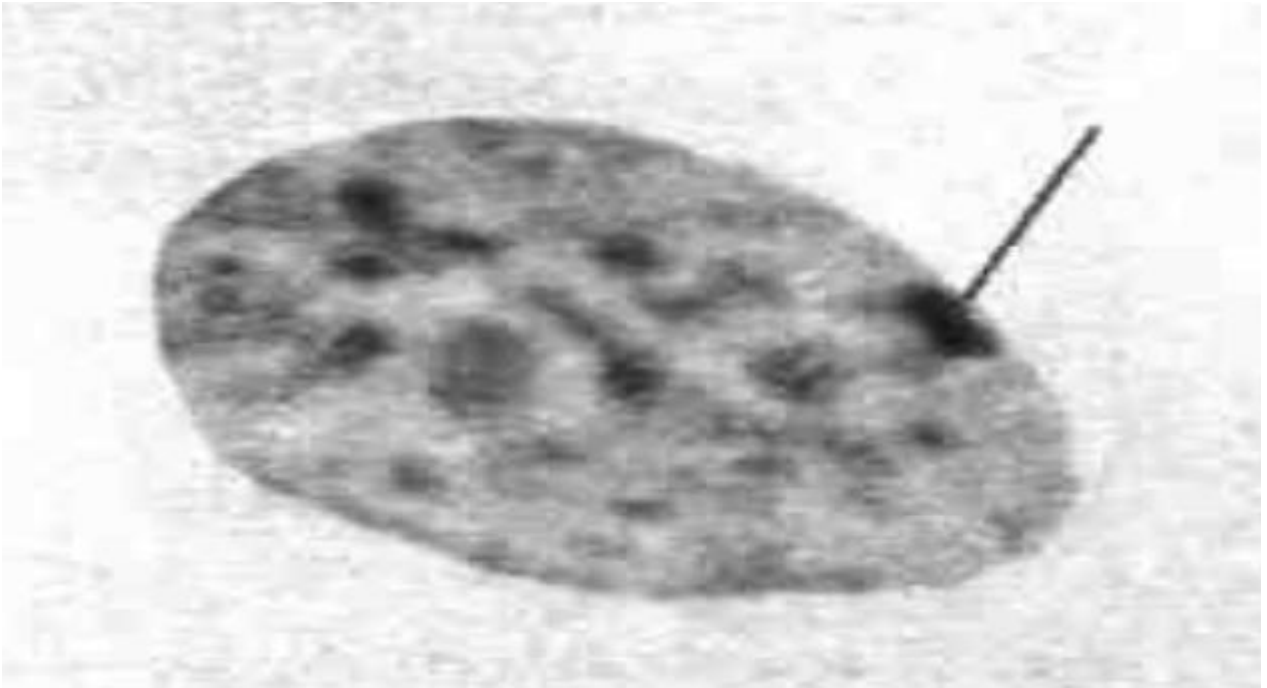


Рис. 3. X-хроматин (1) у клітинах букального епітелію жінки (тільки Барра)

### Висновок:

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Контрольні питання:

1. Етапи реалізації генетичної інформації
2. Що таке ген?
3. Структура ДНК, РНК.
4. Функції ДНК, РНК.
5. Рівні упакування ДНК.
6. Морфологія хромосом.
7. Хроматин, види хроматину.
8. Транскрипція.
9. Процесинг.
10. Будова оперону.
11. Функціонування оперону.

12. Трансляція.
13. Будова прокаріотичної рибосоми.
14. Будова еукаріотичної рибосоми.
15. Функції рибосом.
16. Утворення рибосом.
17. Каріотип.
18. На підставі яких ознак при каріотипуванні встановлюється належність хромосоми до певної пари?
19. Які Ви знаєте типи хромосом людини залежно від розміщення центромери?
20. Як позначають статеві хромосоми і до якої групи їх відносять згідно з Денверською міжнародною класифікацією хромосом людини?
21. Які номери мають найменші метацентричні хромосоми?
22. Що таке метафазна пластинка?
23. Чи можна застосовувати метод виявлення X-хроматину як експрес-метод діагностики спадкових захворювань?



## Лабораторна робота №14

### Тема: Дослідження життєздатності клітин суспензійної культури

*Мета: навчитись досліджувати життєздатність клітин суспензійної культури, використовуючи вітальний барвник трипановий синій.*

*Обладнання, матеріали та реактиви:*

Трипановий синій;

Суспензія клітин, мікропробірка епендорф, фільтрувальний папір, серветки, мікроскоп, мікродозатори з наконечниками (1000 мкл, 10 мкл), камера для підрахунку клітин.

### **Завдання 1. Дослідити життєздатність клітин суспензійної культури, використовуючи вітальний барвник трипановий синій.**

Принцип методу базується на тому факті, що живі клітини володіють вибірковою проникністю для різних речовин і, зокрема, вони непроникні для трипанового синього (3,3'-[3,3'-диметил-(1,1'-біфеніл)]-4,4'-диіл]біс(азо)}-біс(5-аміно-4-гідрокси-2,7-нафталендисульфонова кислота), еритрозину та деяких інших барвників.

#### **Хід роботи**

1. Візьміть клітинну суспензію для дослідження.
2. Візьміть гемоцитометр.
3. Відберіть від ресуспендованої суспензії 100 мкл у мікропробірку епендорф.
4. Внесіть до суспензії трипанового синього (1:10).
5. Залишіть на 1-2 хв для фарбування клітин (впродовж більш тривалого часу клітини почнуть гинути).

Існує кілька типів гемоцитометрів для підрахунку концентрації клітин. Камера Горяєва – найбільш розповсюджена.

#### **Використання камери (гемоцитометра)**

- 1) Промийте скляний слайд камери і покривне скло 70% розчином етанолу і висушіть;
- 2) Розташуйте покривне скло так, щоб воно щільно притиснулося до скляного слайду з утворенням інтерферентних (райдужних) кілець;



6. Ознаки пухлинних клітин, які можна побачити у електронний мікроскоп.
7. Поліморфізм популяції пухлинних клітин.

## Лабораторна робота №15

### Тема: Одержання стовбурових клітин

*Мета: отримати культуру стовбурових клітин*

Стовбурові клітини пуповинної крові можуть бути **аутологічним** (власними), просяк випадок, джерелом своїх стовбурових клітин. Під час трансплантації таких клітин не виникає імунний конфлікт у людини. Отримання стовбурових клітин з пуповинного канатика безболісне, не суперечить етичним нормам.

*Обладнання, матеріали, реактиви:*

Стерильні умови лабораторії для культивування клітин; пуповина, фізіологічний розчин з 1% розчином антибіотиків (пеніцилін, стрептоміцин); розчин колагенази (10 мг/30 мл фосфатно-сольового буферу); культуральне середовище (DMEM (мінімальне середовище Ігла у модифікації Дюльбекко), 10% фетальної сироватки, 1% розчин антибіотиків пеніциліну, стрептоміцин); скальпель, чашки Петрі, мембранний шприцевий фільтр, пробірки, мікродозатори, мірні пробірки, флакон для культивування, центрифуга, CO<sub>2</sub> – інкубатор.

### Завдання 1. Отримати культуру стовбурових клітин

#### Хід роботи

1. Біоматеріал (пуповина 10 см) промийте для видалення згустків крові у фізіологічному розчині з 1% розчином антибіотиків (пеніцилін, стрептоміцин).

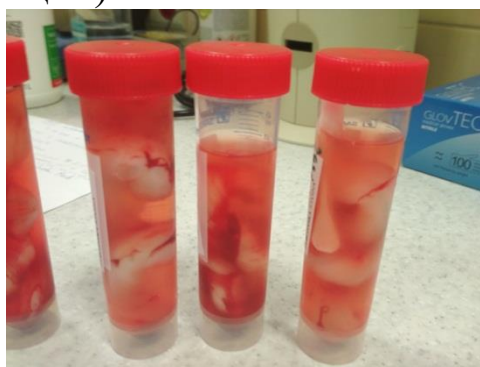


Рис. 1. Біоматеріал (пуповина) для одержання стовбурових клітин

2. Скальпелем поріжте пуповину на фрагменти 0,3 см<sup>3</sup>.



Рис. 2. Фрагментування пуповини

3. Помістіть фрагменти у флакон з 50 мл культурального середовища і розчином колагенази (10 мг/30 мл фосфатно-сольового буферу).
4. Залишіть ферментувати матеріал за 37°C на 24 год у шейкері.
5. Суспензію клітин профільтруйте через мембранний шприцевий фільтр (100 мікропор) і відцентрифугуйте 10 хвилин (800g) у пробірці.
6. Злийте надосадову рідину.
7. Внесіть 10 мл культурального середовища (DMEM, 10% фетальної сироватки, 1% розчин антибіотиків пеніциліну, стрептоміцин), ресуспендуйте і відцентрифугуйте.
8. Злийте надосадову рідину.
9. Клітини помістіть до культурального флакону з культуральним середовищем (DMEM, 10% фетальної сироватки, 1% розчин антибіотиків пеніциліну, стрептоміцину).
10. Культивуйте за температури 37°C.



Рис. 3. Перенесення суспензії клітин до культурального флакону

## Висновки:

---



---



---

## Контрольні питання:

1. Що таке стовбурові клітини?
2. Класифікуйте стовбурові клітини.
3. Гемопоетичні стовбурові клітини.
4. Стромальні стовбурові клітини.
5. Особливості будови стовбурової клітини.
6. Асиметричне ділення стовбурової клітини.
7. Джерела стовбурових клітин.
8. Значення стовбурових клітин.

## **ЧАСТИНА 2. САМОСТІЙНА РОБОТА СТУДЕНТА**

Самостійну роботу з дисципліни «Біологія клітини» рекомендується провадити упродовж усього часу вивчення курсу паралельно з аудиторним навчанням. Організовуючи самостійну роботу,

1. ознайомтесь з програмою дисципліни та тематикою, яка виноситься на самостійне вивчення;
2. з рекомендованої літератури інтернет-ресурсів підберіть посібники, ресурс для вивчення тої чи іншої теми;
3. працюючи з літературою, зробіть короткий конспект. У конспекті фіксуйте визначення, перебіг основних процесів;
4. дайте відповіді на питання для самоконтролю.

### **1. Перелік тем для самостійної роботи з рекомендованим планом їх вивчення**

#### **Тема 1: Фенотипова різноманітність і генетична схожість (4 год)**

1. Різноманітність живого світу, спільні риси.
2. Різноманітність акаріотів.
3. Архебактерії, особливості будови, найтиповіші представники, які застосовуються у біотехнології.
4. Ціанобактерії, особливості будови, їх значення для біотехнології.

#### **Тема 2: Різноманітність еукаріот (4 год)**

1. Царство Рослини, застосування рослин у біотехнології.
2. Царство Тварини. Тварини – об'єкти біотехнології.
3. Різноманітність мікроскопічних грибів.
4. Гриби – об'єкти біотехнології.

#### **Тема 3: Особливості будови і функції рослинних тканин (4 год)**

1. Рослинні тканини – поняття, типи, класифікації. Системи тканин.
2. Меристеми: їхня характеристика та класифікація.
3. Структурно-функціональна характеристика покривних тканин.
4. Механічні тканини рослинного організму.
5. Паренхімні тканини.
6. Система провідних тканин рослин.

**Тема 4: Характеристика окремих органел, структур (4 год.)**

1. Особливості будови і функціонування вакуоль.
2. Особливості будови і функціонування клітинного центру.
3. Транспортна система цитозолю клітини.
4. Структури клітинної поверхні.
5. Структура і функції мікроворсинок, війок, джгутиків про- та еукаріот.

**Тема 5: Особливості будови і функції тваринних тканин (4 год)**

1. Епітеліальна тканина.
2. Сполучна тканина.
3. М'язева тканина.
4. Нервова тканина.

**2. Приклад варіантів підсумкового контролю знань****Варіант №1**

№ п/п	Питання	Максимальна кількість балів
1.	Клітина – одиниця будови і функцій живої природи. Еволюція клітини.	15
2.	Будова бактеріальної клітини	15
3.	Хімічний склад клітини.	15
4.	Мембранні ліпіди, протеїни.	5
5.	Органели, класифікація органел. Клітинні включення.	15
6.	Структура і функції ядра.	15
7.	Мікротрубочки, мікрофіламенти та їх похідні	15
8.	Відмінності процесів мітоз і мейоз.	5

**Варіант №2**

№ п/п	Питання	Максимальна кількість балів
1.	Цитологія – наука про клітину. Історія вивчення клітини.	15
2.	Будова рослинної клітини	15
3.	Механізм роботи натрій-калієвої помпи	15
4.	Міжклітинні контакти.	5
5.	Характеристика методів цитології (крім мікроскопії)	15
6.	Мейоз: динаміка і біологічна роль.	15
7.	Ендоцитоз, екзоцитоз.	15
8.	Будова і функції ендоплазматичної сітки.	5

**Варіант №3**

№ п/п	Питання	Максимальна кількість балів
1.	Відмінність клітин про- та еукаріот.	15
2.	Особливості будови клітин грибів.	15
3.	Структури клітинної поверхні: структура і функції мікроворсинок.	15
4.	Будова і функції апарату Гольджі.	15
5.	Порівняння різних типів мікроскопів.	15
6.	Мітоз: динаміка і біологічна роль.	15
7.	Пасивний транспорт речовин через мембрану, види пасивного транспорту. Які речовини здатні до пасивного транспорту?	5
8.	Ядерний сік і його вміст.	5

**Варіант №4**

№ п/п	Питання	Максимальна кількість балів
1.	Загальна характеристика, класифікація методів дослідження клітин.	15
2.	Мікроскоп. Будова світлового мікроскопа, можливості.	15
3.	Життєвий цикл клітини.	15
4.	Кількісні характеристики біологічної клітинної мембрани, властивості.	5
5.	Структура і функції рибосом.	15
6.	Будова і функції мітохондрій.	15
7.	Порівняльна характеристика пасивного й активного транспорту.	15
8.	Назвіть органели вакуолярної системи клітини.	5



### 3. Тестові завдання (одна вірна відповідь)

1. Назвіть первинний рівень організації живої матерії:
  - A. атомарно-молекулярний
  - B. клітинний
  - C. організмівий
  - D. популяційно-видовий
  - E. біосферний
2. Що входить до складу неклітинних організмів?:
  - A. ядро
  - B. цитоплазма
  - C. нуклеїнова кислота
  - D. капсид
  - E. вірно B+C+D
3. Назвіть фундаментальні властивості живої матерії:
  - A. самовизначення
  - B. обмін енергією
  - C. самовідтворення
  - D. саморегуляція
  - E. вірно B+C+D
4. Біологічна система здатна до:
  - A. подразнення
  - B. обміну речовин
  - C. успадкування ознак і мінливості
  - D. обміну енергії
  - E. всі варіанти вірні
5. Що означає термін «мале збільшення»?:
  - A. окуляр x10, об'єктив x40
  - B. окуляр x7, об'єктив x8
  - C. окуляр x10, об'єктив x8
  - D. окуляр x10, об'єктив x90
  - E. Вірно B+C
6. Що означає термін «велике збільшення»?:
  - A. окуляр x10, об'єктив x40
  - B. окуляр x7, об'єктив x8
  - C. окуляр x10, об'єктив x8
  - D. окуляр x10, об'єктив x90
  - E. Вірно A+D

7. До механічної частини мікроскопа відносяться:
- A. штатив
  - B. предметний столик
  - C. тубус
  - D. револьвер
  - E. Всі варіанти вірні.
8. Оптична частина мікроскопа представлена:
- A. окуляр
  - B. об'єктиви
  - C. дзеркало
  - D. револьвер
  - E. вірно A+B
9. Освітлювальна частина мікроскопа складається:
- A. дзеркало
  - B. конденсор
  - C. окуляр
  - D. діафрагма
  - E. вірно A+B+D
10. Загальне збільшення мікроскопа дорівнює:
- A. збільшенню окуляра
  - B. збільшенню об'єктива
  - C. збільшенню окуляра  $\times$  збільшення об'єктива
  - D. збільшення окуляра + збільшення об'єктива
  - E. збільшенню конденсора
11. До основних методів вивчення будови клітини відноситься:
- A. мікроскопія
  - B. біофізичний
  - C. біохімічний
  - D. ДНК-аналіз
  - E. описовий
12. Які науки вивчають організм на молекулярному рівні:
- A. біохімія
  - B. анатомія
  - C. молекулярна біологія
  - D. екологія
  - E. вірно A+C

13. Бактеріофаги – це:
- A. віруси
  - B. прокаріоти
  - C. еукаріоти
  - D. протеїни
  - E. бактерії
14. Які з перерахованих організмів відносяться до неклітинних форм життя?
- A. бактерії
  - B. бактеріофаги
  - C. віруси
  - D. прокаріоти
  - E. Вірно B+C
15. Віруси мають:
- A. протеїнову оболонку
  - B. ядро
  - C. хромосоми
  - D. нуклеїнову кислоту
  - E. вірно A+ D
16. Віруси репродукуються:
- A. у клітинах тварин
  - B. у клітинах рослин
  - C. у зовнішньому середовищі
  - D. у бактеріях
  - E. вірно A+B+ D
17. Які з перерахованих організмів відносяться до клітинних доядерних форм:
- A. бактерії
  - B. бактеріофаги
  - C. амеби
  - D. віруси
  - E. інфузорії
18. Генетичний апарат вірусів – це:
- A. хромосоми
  - B. одно- або дволанцюгові ДНК, одно- або дволанцюгові РНК
  - C. дволанцюгова ДНК, одно- або дволанцюгові РНК
  - D. лише дволанцюгова ДНК
  - E. одно- або дволанцюгові ДНК, одноланцюгова РНК

19. Бактеріофаги – це:
- A. віруси, які паразитують у бактеріях
  - B. бактерії, які паразитують в організмі людини
  - C. віруси, які паразитують у клітинах еукаріот
  - D. бактерії, які паразитують у рослинах
  - E. бактерії, які паразитують в організмі тварин
20. Назвіть автора терміну «клітина»:
- A. Р. Вірхов
  - B. Р. Гук
  - C. Т. Шванн
  - D. А. Левенгук
  - E. Т. Морган
21. Що є елементарною одиницею живого?
- A. клітина
  - B. орган
  - C. тканина
  - D. система органів
  - E. організм
22. Функції цитоплазматичної мембрани:
- A. захисна
  - B. транспортна
  - C. рецепторна
  - D. синтез речовин
  - E. вірно A+B+C
23. Які органели присутні у бактерій?
- A. мітохондрії
  - B. ядро
  - C. ендоплазматична сітка
  - D. рибосоми
  - E. лізосоми
24. Тваринна клітина відрізняється від рослинної відсутністю:
- A. ЕПС
  - B. хлоропластів
  - C. комплексу Гольджі
  - D. целюлозно-пектинової клітинної стінки
  - E. вірно B+D

25. Назвіть основну функцію ядра клітини:
- A. синтез ДНК і РНК
  - B. перетравлення речовин
  - C. синтез АТФ
  - D. утворення мітохондрій
  - E. синтез ліпідів і цукоридів
26. До органоїдів спеціального призначення відносяться:
- A. війки, джгутики
  - B. мітохондрії, рибосоми
  - C. джгутики, ендоплазматична сітка
  - D. рибосоми, комплекс Гольджі
  - E. лізосоми, війки
27. Назвіть органоїди клітини, які не мають мембранної будови:
- A. комплекс Гольджі і пластиди
  - B. рибосоми і клітинний центр
  - C. лізосоми і вакуолі
  - D. ЕПС і мітохондрії
  - E. рибосоми і пластиди
28. Носіями генетичної інформації прокариот є:
- A. хромосоми
  - B. нуклеоїд
  - C. мітохондрії
  - D. протеїни
  - E. рибосоми
29. Мембранну будову мають органоїди клітини:
- A. лізосоми
  - B. рибосоми
  - C. мітохондрії
  - D. комплекс Гольджі
  - E. вірно А+С+D
30. У ядрі міститься:
- A. пластиди, рибосоми
  - B. комплекс Гольджі, лізосоми
  - C. ядерце, хлоропласти
  - D. еухроматин, гетерохроматин
  - E. еухроматин, центріолі

31. Які органоїди відносяться до органоїдів загального призначення:
- A. рибосоми, псевдоподії
  - B. включення, ЕПС
  - C. мітохондрії, джгутики
  - D. мітохондрії, рибосоми
  - E. джгутики, рибосоми
32. Функція рибосом:
- A. синтез протеїнів
  - B. синтез ліпідів
  - C. транспорт речовин
  - D. збереження інформації
  - E. синтез цукоридів
33. Функція лізосом:
- A. транспортна
  - B. внутрішньоклітинне травлення
  - C. синтез протеїнів
  - D. збереження генетичної інформації
  - E. синтез АТФ
34. Функції мітохондрій:
- A. захисна
  - B. транспорт речовин
  - C. кумуляція АТФ
  - D. синтез ліпідів
  - E. травлення речовин, непотрібних клітині
35. Гліколіз відбувається у:
- A. мітохондріях
  - B. клітинному центрі
  - C. лізосомах
  - D. цитоплазматичному матриксі
  - E. цетріолях
36. Вкажіть органоїди клітин, які мають подвійну мембрану:
- A. ядро, пластиди, мітохондрії
  - B. комплекс Гольджі, ЕПС
  - C. клітинний центр, лізосоми
  - D. лізосоми, рибосоми
  - E. пластиди, рибосоми

37. Мембрана складається з:

- А. двох шарів протеїнів і шару ліпідів
- В. подвійний шар фосфоліпідів з протеїнами
- С. шару фосфоліпідів і протеїнів
- Д. цукоридів і протеїнів
- Е. подвійного шару цукоридів і протеїнів

38. У яких структурах клітини є ДНК?

- А. ядро
- В. мітохондрії
- С. пластиди
- Д. лізосоми
- Е. вірно А+В+С

38. У яких структурах клітини є РНК?

- А. ядерце
- В. мітохондрії
- С. рибосоми
- Д. цитоплазма
- Е. всі варіанти вірні

39. У яких органоїдах клітини синтезуються ліпіди?

- А. мітохондріях
- В. ядрі
- С. ЕПС
- Д. рибосомах
- Е. лізосомах

40. До складу рибосом входять:

- А. мембрана і РНК
- В. протеїни і рРНК
- С. ліпіди і тРНК
- Д. цукориди і рРНК
- Е. ДНК і РНК

41. З якою структурою клітини пов'язані колоїдні властивості цитоплазми?

- А. мембраною
- В. включеннями
- С. ядром
- Д. цитоскелетом
- Е. ендоплазматичною сіткою

42. Натрій-калієвий насос – це механізм:
- A. полегшеної дифузії
  - B. ендоцитозу
  - C. екзоцитозу
  - D. активного транспорту
  - E. осмосу
43. Що таке фаголізосоми?
- A. це фаги, які потрапляють у бактеріальну клітину
  - B. це гідролазний міхурець
  - C. первинна лізосома+фагоцитозний або піноцитозний міхурець
  - D. це залишкові тільця
  - E. це віруси, які паразитують у тваринних клітинах
44. Які процеси у клітині відносяться до пластичного обміну?
- A. синтез протеїнів
  - B. дихання
  - C. гліколіз
  - D. синтез ліпідів
  - E. вірно A+D
45. Які процеси у клітині відносяться до енергетичного обміну?
- A. синтез протеїнів
  - B. цикл Кребса
  - C. гліколіз
  - D. синтез цукоридів і ліпідів
  - E. вірно B+C
46. У складі ядерцевого організатора:
- A. петлі ДНК, що містять гени рибосомальної РНК
  - B. рибосоми
  - C. рибозими
  - D. петлі ДНК, що містять гени протеїнів
  - E. ламіна
47. Клітинна стінка грампозитивних бактерій:
- A. одношарова з багатошаровим муреїном
  - B. багатошарова з одношаровим муреїном
  - C. одношарова з одношаровим муреїном
  - D. багатошарова з багатошаровим муреїном
  - E. містить хітин і тейхоеві кислоти



48. Які функції виконує комплекс Гольджі?
- A. бере участь в синтезі протеїнів
  - B. бере участь у внутрішньоклітинному травленні
  - C. модифікує, сегрегує різні речовини
  - D. формує рибосоми
  - E. здійснює синтез АТФ
49. Де відбувається синтез рибосомальних субодиниць еукаріот?
- A. у цитоплазмі
  - B. у лізосомах
  - C. у ядрі
  - D. у апараті Гольджі
  - E. на ендоплазматичній сітці
50. Які функції характерні для ліпідів клітини?
- A. структурні
  - B. енергетичні
  - C. каталітичні
  - D. збереження генетичної інформації
  - E. вірно А+В
51. Які функції характерні для протеїнів клітини?
- A. структурні
  - B. енергетичні
  - C. каталітичні
  - D. транспортні
  - E. усі варіанти вірні
52. Які функції характерні для цукоридів клітини?
- A. структурні
  - B. енергетичні
  - C. каталітичні
  - D. транспортні
  - E. вірно А+В
53. Для плазмід бактеріальної клітини характерно:
- A. містять гени протеїнів, задіяні лише у основних життєво важливих процесах
  - B. містять гени «розкоші»
  - C. наявність генів на цій ДНК не властиве
  - D. містить лише один ген, який має життєво важливе значення для клітини
  - E. містять гени «домашнього господарства»

54. Компоненти АТФ:

- A. нітрогенвмісна основа і рибоза
- B. рибоза і амінокислота
- C. рибоза і три залишки фосфатної кислоти
- D. нітрогенвмісна основа, рибоза і три залишки фосфатної кислоти
- E. нітрогенвмісна основа і амінокислота

55. У якій фазі мітотичного циклу зникає ядерна мембрана?

- A. синтетичному періоді інтерфази
- B. профазі
- C. метафазі
- D. анафазі
- E. пресинтетичному періоді інтерфази

56. Скільки хромосом ( $n$ ) і молекул ДНК ( $c$ ) має клітина у профазі?

- A.  $2n\ 4c$
- B.  $2n2c$
- C.  $1n2c$
- D.  $1n1c$
- E.  $4n4c$

57. У клітині людини 46 хроматид у:

- A. пресинтетичній фазі клітинного циклу
- B. профазі мітозу
- C. постсинтетичній фазі інтерфази
- D. метафазі
- E. всі варіанти вірні

58. У якій фазі мітотичного циклу відбувається реплікація хромосом і подвоєння ДНК?

- A. пресинтетичній
- B. синтетичній
- C. постсинтетичній
- D. мітозі
- E. всі варіанти вірні

59. У якій фазі мітозу знаходиться клітина, у якої хромосоми розташовані в екваторіальній площині і який набір хромосом має клітина?

- A. профаза  $2n4c$
- B. метафаза  $2n 4c$
- C. анафаза  $4n2c$
- D. телофаза  $2n2c$

60. У інтерфазі відбуваються процеси:

- A. синтез ДНК
- B. синтез протеїнів
- C. синтез АТФ
- D. розходження хромосом до полюсів
- E. вірно А+В+С

71. У якій фазі мітозу відбувається цитокінез?

- A. анафаза
- B. профаза
- C. метафаза
- D. телофаза
- E. інтерфаза

72. У якій фазі мітотичного циклу знаходиться клітина, якщо вона більше не ділиться:

- A.  $G_0$
- B. S
- C.  $G_2$
- D. в анафазі мітозу
- E. у профазі мітозу

73. У пресинтетичній фазі мітотичного циклу відбувається:

- A. ріст клітини
- B. реплікація хромосом
- C. синтез РНК
- D. біосинтез протеїнів
- E. вірно А+С+D

74. Який тип ділення характерний для соматичних клітин людини?
- A. амітоз
  - B. мітоз
  - C. мейоз
75. Хід мітозу соматичної клітини порушено у результаті дії препарату, який швидко інгібував утворення ахроматинового веретена. Який етап мітотичного циклу буде порушений?
- A. профаза
  - B. метафаза
  - C. телофаза
  - D. анафаза
  - E. інтерфаза
76. На препараті досліджено анафазу мітозу. Скільки хромосом і молекул ДНК цієї клітини?
- A.  $2n4c$
  - B.  $2n2c$
  - C.  $4n4c$
  - D.  $4n2c$
  - E.  $1n1c$
77. Каріотип людини досліджується у фазі:
- A. інтерфази
  - B. профази
  - C. метафази
  - D. анафази
  - E. телофази
78. У контрольних точках клітинного циклу контролюється:
- A. наявність пошкоджень ДНК
  - B. результат реплікації ДНК
  - C. розходження хромосом у метафазі
  - D. вірно А і В
  - E. всі варіанти вірні

79. Клітинний цикл – це:

- A. поділ клітини
- B. період життєдіяльності клітини, під час якого відбуваються усі процеси обміну та ділення. Починається з зиготи, закінчується явищем старіння і смерті клітини
- C. послідовність подій, що відбуваються між утворенням клітини та її діленням на дочірні
- D. фаза спокою клітини
- E. фаза інтерфази

80. Диплоїдний набір хромосом у дріждієвця – 4 пари. Скільки молекул ДНК мають клітини в метафазі мітозу?

- A. 4
- B. 8
- C. 16
- D. 24
- E. 32

81. У якій фазі мітозу відбувається деспіралізація хромосом?

- A. профаза
- B. метафаза
- C. анафаза
- D. телофаза
- E. інтерфаза

82. Мітоз соматичної клітини порушено у результаті дії колхіцину. Який хромосомний набір матиме нова клітина?

- A. гаплоїдний
- B. диплоїдний
- C. тетраплоїдний
- D. октаплоїдний
- E. гексаплоїдний

83. Субметацентричні хромосоми – це хромосоми, які:

- A. мають плечі однакової довжини
- B. мають різні плечі
- C. мають одне плече
- D. не мають одного плеча
- E. відсутня центромера

84. Кількість хромосом ( $n$ ) і кількість ДНК ( $c$ ) в зрілій статевій клітині дорівнює:

- A.  $2n2c$
- B.  $1n2c$
- C.  $2nc$
- D.  $2n4c$
- E.  $nc$

85. Який процес характеризується рекомбінацією генетичного матеріалу?

- A. мітоз
- B. мейоз
- C. амітоз
- D. цитокінез
- E. інтерфаза

86. На якому етапі профазі I мейозу відбувається кон'югація хромосом?

- A. лептонема
- B. зигонема
- C. пахінема
- D. диплонема
- E. діакінез

87. У результаті першого мейотичного поділу в кожній дочірній клітині міститься така кількість хромосом ( $n$ ) і хромосомного матеріалу( $c$ ):

- A.  $2n4c$
- B.  $n2c$
- C.  $2n2c$
- D.  $4 n2c$
- E.  $4 n 4c$

87. У якій стадії профазі I мейозу відбувається кросинговер?

- A. лептонема
- B. зигонема
- C. пахінема
- D. диплонема
- E. діакінез

88. При електронно-мікроскопічному вивченні клітини виявлені органели овальної та круглої форми з зовнішньою гладкою і внутрішньою мембранами. Внутрішня утворює кристи і містить ензим АТФ-синтазу. Це:

- A. мітохондрії
- B. центросоми
- C. ЕПС
- D. рибосоми
- E. лізосоми

89. Точку рестрикції клітини проходять у фазі:

- A. G<sub>2</sub>
- B. G<sub>0</sub>
- C. G<sub>1</sub>
- D. S
- E. M

90. Деякі триплетти (УАА, УАГ, УГА) не кодують амінокислоти, а є термінаторами у процесі зчитування інформації. Як називаються триплетти, які припиняють транскрипцію?

- A. стоп-кодон
- B. оператор
- C. кодон
- D. екзон
- E. інтрон

91. Процес синтезу іРНК – це

- A. колінеарність
- B. елонгація
- C. трансляція
- D. термінація
- E. транскрипція

92. Здатність зафарбовуватись за Грамом залежить від наявності у клітинній стінці:

- A. цукоридів
- B. особливих протеїнів
- C. тейхоевих кислот
- D. фосфоліпідів
- E. пептидоглігану

93. Експериментально порушили деспіралізацію молекули ДНК. Які процеси не будуть відбуватись у клітині в першу чергу?

- A. транскрипція
- B. анафаза мітозу
- C. анафаза мейозу
- D. трансляція
- E. синтез ліпідів

94. Яку назву має зріла частинка вірусу (позаклітинна)?

- A. віріон
- B. генофор
- C. прокаріот
- D. нуклеоїд
- E. фаг

95. На якому етапі життєвого циклу клітини відбувається максимальна спіралізація хромосом?

- A. метафаза
- B. інтерфаза
- C. анафаза
- D. телофаза
- E. профаза

96. До складу одного нуклеотиду входить:

- A. пентоза, залишок фосфатної кислоти, нітрогенвмісна основа
- B. гексоза, залишок фосфатної кислоти, нітрогенвмісна основа
- C. амінокислота, фосфатна група, тимін
- D. тріоза, нітрогенвмісна основа, урацил
- E. тетроза, фосфатна група, аденін

97. Органела клітини має власну протеїнсинтезуючу систему. Назвіть її?

- A. мітохондрії
- B. ендоплазматичний ретикулум
- C. вакуолі
- D. лізосоми
- E. апарат Гольджі



98. У мітохондріях піруват і жирні кислоти окиснюються  $O_2$  до  $CO_2$  і  $H_2O$ . Скільки на кожену молекулу окисненої глюкози утворюється молекул АТФ?

- A. 38
- B. 39
- C. 24
- D. 36
- E. 12

99. Біосинтез речовин вивчають за допомогою мічених ізотопів. Для вивчення локалізації біосинтезу протеїну мишам вводили мічені амінокислоти аланін і триптофан. Біля яких клітинних структур спостерігається накопичення мічених амінокислот при використанні радіоавтографії?

- A. рибосоми
- B. гладенька ЕПС
- C. клітинний центр
- D. лізосоми
- E. мітохондрії

100. У поживне середовище з клітинами людини було внесено урацил (У) з радіоактивною міткою. Мічений урацил при радіоавтографії повинні виявити у:

- A. рибосомах
- B. клітинному центрі
- C. апараті Гольджі
- D. ендоплазматичної сітці
- E. лізосомах

101. Реалізація генетичної інформації відбувається за схемою:

- A. ДНК  $\rightarrow$  іРНК  $\rightarrow$  тРНК  $\rightarrow$  рРНК  $\rightarrow$  поліпептидний ланцюг
- B. іРНК  $\rightarrow$  поліпептид  $\rightarrow$  ензим
- C. РНК  $\rightarrow$  ДНК
- D. ДНК  $\rightarrow$  іРНК  $\rightarrow$  протеїн
- E. усі варіанти вірні

102. Багатоетапний процес дозрівання різних видів РНК отримав назву:

- A. реплікація
- B. репарація
- C. транскрипція
- D. трансляція
- E. процесинг

103. Яку назву має процес перенесення інформації з РНК на ДНК?
- A. транскрипція
  - B. трансляція
  - C. зворотня транскрипція
  - D. зворотня трансляція
  - E. такий процес неможливий
104. Зворотня транскрипція має місце під час:
- A. репарації ДНК
  - B. реплікації ДНК
  - C. процесингу
  - D. репродукції вірусів
  - E. усі варіанти вірні
105. Антикодон – це:
- A. ділянка молекули тРНК, яка складається з трьох нуклеотидів та «впізнає» комплементарну їй ділянку трьох нуклеотидів у молекулі мРНК
  - B. фактор, який може знижувати частоту мутацій
  - C. дві попарно розташовані гомологічні хромосоми
  - D. один з видів хроматину
  - E. одиниця коду
106. Ким і коли були відкриті нуклеїнові кислоти?
- A. М. Шлейденем у 1839р.
  - B. Г. Менделем у 1866р.
  - C. І. Мішером у 1869р.
  - D. О. Ейвері у 1944р.
  - E. Дж. Уотсоном та Ф. Кріком у 1953р.
107. Які рівні структурної організації притаманні ДНК?
- A. первинний
  - B. вторинний
  - C. третинний
  - D. вірно А+В+С
  - E. жоден варіант невірний

108. Різні види спеціалізованих клітин багатоклітинного організму мають:

- А. Однакову кількість генетичного матеріалу і генів
- В. Однакову кількість генетичного матеріалу, але різну кількість генів
- С. Однакову кількість генетичного матеріалу і однакову кількість генів
- Д. Різну кількість генетичного матеріалу і генів
- Е. Жоден варіант невірний

109. Нуклеоїд бактеріальних клітин:

- А. оточений мембраною
- В. не є статичним внутрішньоклітинним утворенням, безперервно змінює форму
- С. стала молекула ДНК
- Д. міститься у ядрі
- Е. вірно А і С

110. Під час дослідження електронограми у клітині виявлено деструкцію крист мітохондрій. Які процеси у клітині можуть бути порушені внаслідок цього в першу чергу?

- А. цикл Кребса
- В. синтез протеїнів
- С. фагоцитоз
- Д. ділення ядра
- Е. піноцитоз

111. Речовини виводяться з клітини шляхом мембранної структури, утвореної апаратом Гольджі, – везикули. Вміст такої структури виводиться за межі клітини. Яка назва цього процесу?

- А. ендоцитоз
- В. осмос
- С. екзоцитоз
- Д. пасивний транспорт
- Е. полегшена дифузія

112. Виберіть функцію, яка не притаманна біологічним мембранам:

- А. обмежувальна
- В. рецепторна
- С. транспортна
- Д. компартментація клітини
- Е. зберігання спадкової інформації.

113. Транспорт малих заряджених молекул та йонів крізь мембрану відбувається за допомогою:
- A. активного та пасивного транспорту
  - B. дифузії
  - C. активного транспорту
  - D. фагоцитозом
114. Клітинна стінка грамнегативних бактерій:
- A. одношарова з багатошаровим муреїном
  - B. багатошарова з одношаровим муреїном
  - C. зафарбовується фуксином у фіолетовий колір
  - D. зафарбовується генціанвіолетом у червоний колір
  - E. вірно B і D
115. Активний транспорт речовин крізь біологічну мембрану – це:
- A. транспорт речовин за градієнтом концентрації з затратою енергії АТФ
  - B. транспорт речовин проти градієнта концентрації із затратою енергії АТФ
  - C. транспорт речовин за градієнтом концентрації без затрати енергії АТФ
  - D. дифузія
  - E. полегшена дифузія
116. До пасивного транспорту речовин відноситься:
- A. осмос та дифузія
  - B. піноцитоз
  - C. фагоцитоз
  - D.  $K^+$ - $Na^+$  насос
  - E. полегшена дифузія
  - F. вірно A і D
117. Як називаються генетично неактивні спіралізовані ділянки хромосоми, що перешкоджають з'єднанню хромосом між собою або з їхніми фрагментами?
- A. центромери
  - B. супутники
  - C. кінетохори
  - D. теломери
  - E. гетерохроматини

118. Набір хромосом соматичної клітини, якій притаманна їх певна кількість, розміри та форма це:

- A. каріотип
- B. генфор
- C. генотип
- D. генофонд
- E. геном

119. Хроматин – це:

- A. молекула ДНК
- B. молекула РНК
- C. комплекс ДНК-протеїни
- D. комплекс протеїнів
- E. комплекс РНК-протеїни

120. Регулятори клітинного циклу:

- A. реплікази
- B. синтептази
- C. цикліни
- D. лігази
- E. ліази

121. Виберіть ознаки, які були покладені в основу Денверської класифікації хромосом людини (Денвер, США, 1960 р.).

- A. порівняльна характеристика розмірів кожної з пар гомологічних хромосом та характер розміщення центромери
- B. порядок чергування гетеро- та еухроматинових ділянок
- C. кількісна та якісна характеристика генів
- D. кількість еухроматинових ділянок в гомологічних хромосомах
- E. характер розміщення центромери, характеристика генів

122. Мегакаріоцити – це:

- A. один з різновидів стовбурових клітин
- B. гігантські клітини крові, фізіологічно нормальні клітини
- C. одно- та багатоядерні гігантські клітини
- D. різновид клітин м'язової тканини
- E. нормальні клітини ранньої стадії ембріогенезу

123. Основні події  $G_1$ -фази інтерфази:

- A. синтез РНК і структурних протеїнів органоїдів клітини
- B. синтез ДНК
- C. нагромадження енергії АТФ
- D. цитоліз
- E. каріокінез

124. Основні події  $G_2$ -фази інтерфази:

- A. синтез РНК
- B. синтез ДНК
- C. нагромадження енергії АТФ та ядерних протеїнів
- D. цитоліз
- E. каріокінез

125. Яка кількість ДНК у S-фазі?

- A. 1c
- B. 2c
- C. 4c
- D. 3c
- E. 6c

1

2 A. хімічний, біологічний, клітинний, біогеоценотичний

6 B. фізичний, генетичний, онтогенетичний, популяційно-видовий

Рів C. молекулярно-генетичний, організмівий, біосферний

D. клітинний, онтогенетичний, популяційно-видовий, біогеоценотичний, біосферний

E. клітинний, молекулярно-генетичний, хімічний, онтогенетичний, популяційно-видовий, біогеоценотичний, біосферний

127. Вкажіть вірну послідовність фаз мітозу:

- A. профаза, анафаза, телофаза, метафаза
- B. метафаза, профаза, телофаза, анафаза
- C. профаза, метафаза анафаза, телофаза
- D. метафаза анафаза, телофаза, профаза
- E. профаза, телофаза, метафаза, анафаза

129. Під дією різних фізичних і хімічних агентів при біосинтезі ДНК у

клітині можуть виникати пошкодження. Здатність клітин до виправлення пошкоджень у молекулах ДНК називається:

- A. репарацією
- B. транскрипцією
- C. трансляцією
- D. процесингом
- E. реплікацією

130. Які клітинні компоненти відкрито за допомогою електронного мікроскопа?

- A. гіалоплазма, ендоплазматичний ретикулум, рибосоми
- B. ядро
- C. вакуолі
- D. мітохондрії
- E. хлоропласти

131. Рибосоми бактерій:

- A. зв'язані з цитоплазматичною мембраною
- B. зв'язані з мезосомами
- C. розташовані вільно у цитоплазмі
- D. немембранні органоїди
- E. усі варіанти вірні

132. Які органоїди відносяться до одномембранних:

- A. ендоплазматична сітка
- B. ядро
- C. пластиди
- D. трофічні включення
- E. хлорофіл

133. Транспорт мікромолекул через плазматичну мембрану здійснюється за допомогою:

- A. дифузії
- B. активного транспорту
- C. пасивного транспорту
- D. самостійно не транспортуються
- E. вірно А і С

134. Ядро – це:

- A. одномембранна органела
- B. двомембранна органела
- C. немембранна органела

135. Немембранна органела:

- A. ендоплазматичну сітку
- B. пластиди
- C. клітинний центр
- D. хромосоми
- E. усі із запропонованих

136. Плазмоліз – це

- A. це повернення цитоплазми клітин рослин зі стану зневоднення у вихідний стан
- B. це відтік цитоплазми клітини від цитоплазматичної мембрани до центру при зануренні тканини у гіпертонічний розчин

137. Модель будови біологічних мембран:

- A. рідинно-мозаїчна
- B. рідинно-кристалічна
- C. рідинно-ліпідна
- D. протеїно-мозаїчна

138. Явище проникнення через плазматичну мембрану речовин без витрат енергії в результаті теплового руху молекул:

- A. фагоцитоз
- B. ендоцитоз
- C. дифузія
- D. піноцитоз
- E. активний транспорт

139. Процес поглинання клітинною рідини разом із розчиненими в ній сполуками:

- A. фагоцитоз
- B. ендоцитоз
- C. дифузія
- D. піноцитоз
- E. секреція

140. Вибіркове проникнення речовин через мембрани за рахунок



різниці концентрацій забезпечує:

- A. активний транспорт
- B. пасивний транспорт
- C. піноцитоз
- D. дифузія
- E. вірно B і D

141. Явище пасивного виходу води із клітини:

- A. плазмоліз
- B. деплазмоліз
- C. кон'югація
- D. піноцитоз
- E. активний транспорт

142. Які структури належать до підмембранних комплексів клітини:

- A. мікротрубочки
- B. глікокалікс
- C. мікрофіламенти
- D. клітинна стінка
- E. вірно A і C

143. Завдяки мітозу кількість хромосом у клітинах:

- A. ідентична материнській
- B. зменшується удвічі
- C. збільшується удвічі
- D. змінюється з віком

144. **Стовбурові клітини це:**

- A. клітини, які здатні диференціюватись у різні типи тканин
- B. резервний потенціал клітин органів
- C. клітини, які постійно діляться
- D. клітини, які не діляться
- E. вірно A, B і C

145. Під дією мутагенних чинників можливе переміщення ділянок з однієї хромосоми на іншу, або переміщення цілої хромосоми. Яку

назву має хромосомна аберація пов'язана з переміщенням ділянок або цілих хромосом?

- A. нестача
- B. дуплікація
- C. інверсія
- D. транслокація
- E. інерція

146. Порушення розходження пар гомологічних хромосом під час мейозу призводить до кратної зміни кількості хромосом каріотипу. Вивчення мутаційних змін у статевих клітинах осіб, які зазнали радіаційного впливу, показало, що частота таких порушень вдвоє перевищує показники контрольного рівня. Яку назву мають кратні галоїдному числу зміни кількості хромосом каріотипу?

- A. моносомія
- B. поліплоїдія
- C. гаплоїдія
- D. анеуплоїдія
- E. всі варіанти вірні

147. Хромосомні аберації – це:

- A. кратне збільшення гаплоїдного числа хромосом
- B. некратне збільшення гаплоїдного числа хромосом
- C. зміна структури хромосом
- D. втрата окремих пар хромосом
- E. усі варіанти вірні

148. При яких хромосомних абераціях не змінюється кількість генів у організмі?

- A. дуплікаціях
- B. транслокаціях
- C. делеціях
- D. інверсіях
- E. інсерціях

149. При яких хромосомних абераціях має місце втрата сегмента хромосоми?

- A. дуплікації
- B. транслокації
- C. делеції
- D. інверсії
- E. усі варіанти вірні

150. При яких хромосомних абераціях має місце подвоєння сегмента хромосоми?

- A. дуплікації
- B. транслокації
- C. делеції
- D. інверсії
- E. усі варіанти вірні

151. При яких хромосомних абераціях має місце поворот хромосомного сегмента на  $180^\circ$ ?

- A. дуплікації
- B. транслокації
- C. делеції
- D. інверсії
- E. усі варіанти вірні

152. При анеуплоїдії:

- A. змінюється кількість хромосомних наборів
- B. змінюється кількість хромосом у наборі
- C. порушується структура хромосоми
- D. змінюється структура генів
- E. змінюється послідовність генів у хромосомі

153. Основною відмінністю тваринних клітин від рослинних є:

- A. клітини тварин, диференціюючись, втрачають тотипотентність
- B. клітини рослин не здатні до диференціації
- C. клітини тварин, диференціюючись, стають гаплоїдними
- D. клітини рослин в процесі диференціювання можуть втрачати ядра

154. Стовбурові клітини мають важливі риси, які відрізняють їх від інших типів клітин:

- A. вони є неспеціалізованими клітинами, проте можуть перетворюватися у спеціалізовані
- B. проліферують
- C. володіють збудливістю
- D. високий ядерно-цитоплазматичний індекс

155. Стовбурові клітини вперше з'являються на ранніх етапах ембріогенезу у результаті:

- A. першого ділення після запліднення
- B. другого ділення після запліднення
- C. восьмого ділення після запліднення
- D. шістнадцятого ділення після запліднення
- E. тридцять другого ділення після запліднення

156. Яке співвідношення стовбурових до спеціалізованих на момент народження дитини?

- A. 1:10 000
- B. 1:100 000
- C. 1:1000
- D. 1:100

157. Уніпотентні стовбурові клітини:

- A. здатні диференціюватись у один тип спеціалізованих клітин
- B. це стовбурові клітини ембріона
- C. здатні диференціюватись у різні типи спеціалізованих клітин

158. Тотипотентність клітин – це:

- A. здатність відтворити повноцінний організм від однієї клітини
- B. здатність утворити спеціалізовану тканину з кожної клітини
- C. здатність утворювати будь-які клітини в межах однієї спеціалізованої тканини

159. Після декількох початкових поділів заплідненої яйцеклітини, стовбурові клітини є:

- A. тотипотентними
- B. плюрипотентними
- C. мультипотентними
- D. уніпотентними
- E. поліпотентними

160. Стовбурові клітини дорослого організму – це:

- A. недиференційовані клітини
- B. високо диференційовані клітини
- C. клітини, які розповсюджені у всіх органах
- D. клітини, які розмножуються і заміщують клітини, що загинули та відновлюють пошкоджені тканини тіла
- E. вірно A, C, D

161. Сукупність клітин, які послідовно розвиваються від одного типу стовбурових клітин до зрілої спеціалізованої клітини, має назву:

- A. кріоферон
- B. гістоферон
- C. тотиферон
- D. диферон
- E. ембріогенетичний ряд

162. Стовбурові клітини утворюються у результаті:

- A. симетричного поділу, асиметричного поділу
- B. непропорційного поділу
- C. пропорційного поділу
- D. усі варіанти вірні

163. Органела клітини має власну протеїнсинтезуючу систему. Назвіть її?

- A. апарат Гольджі
- B. лізосоми
- C. вакуолі
- D. ендоплазматичний ретикулум
- E. пластиди

164. Ядерця формуються:

- A. на зовнішньому боці мембрани ядра

- В. на внутрішній мембрані ядра
- С. на певних ділянках окремих хромосом
- Д. у ядерному соці
- Е. вірно С, Д

165. Генна інженерія – це:

- А. система експериментальних засобів, які дають змогу сконструювати лабораторним шляхом штучні генетичні структури у вигляді, так званих, рекомбінантних молекул ДНК
- В. використання методів генетики та селекції для виведення нових організмів з удосконаленими властивостями

166. Яка із структур не складає ядра?

- А. центріолі
- В. ядерце
- С. ядерна мембрана
- Д. хроматин
- Е. ядерний матрикс

167. Ядро характерне для клітин:

- А. вірусів
- В. бактерій
- С. архей
- Д. синьозелених водоростей
- Е. тварин

168. Властивість клітини реалізувати генетичну інформацію, що забезпечує її диференціювання і розвиток до цілого організму:

- А. тотипотентність
- В. дедиференція
- С. калюсогенез
- Д. плюрипотентність

169. Досліджуючи пухлинні клітини, виявлено їх характерні ознаки:

- А. збільшення кількості мітохондрій
- В. спектр ензимів клітини подібний до такого стовбурових клітин
- С. збільшення кількості рибосом
- Д. зменшення ядра
- Е. усі варіанти вірні

170. Тредмілінг - це

- А. синтез АТФ

- В. синтез ліпідів
- С. участь у каталітичному процесі
- Д. полімеризація-деполімеризація мікротрубочок
- Е. утворення лізосом

171. Чи можуть спеціалізовані клітини рослин проявляти тотипотентність?

- А. Так
- В. Ні

172. Втрата спеціалізації клітини – це явище:

- А. дедиференціації
- В. тотипотентності
- С. диференціації

173. Мультипотентність – це:

- А. властивість клітин диференціюватись тільки у клітини певного виду такої ж тканини, з якої походять
- В. здатність диференціюватись у будь-які клітини організму
- С. здатність до відтворення цілого організму з однієї клітини

174. Не є фазою інтерфази:

- А. G<sub>1</sub>-фаза
- В. S-фаза
- С. M-фаза
- Д. G<sub>2</sub>-фаза

175. Стовбурові клітини – це:

- А. це недиференційовані одиниці, які є в організмі людини на всіх етапах його розвитку
- В. це будівельні базові одиниці, які є лише на ембріональному етапі розвитку
- С. одиниця передачі спадкової інформації

176. Плюрипотентність – це:

- А. властивість клітин диференціюватись тільки у клітини певного виду такої ж тканини, з якої походять
- В. здатність диференціюватись у будь-які клітини організму
- С. здатність до відтворення цілого організму з однієї клітини

177. Для вивчення прозорих, слабо заломлюючих світло об'єктів, не видимих при освітленні звичайним способом, використовують:

- A. світовий мікроскоп
- B. темнопольний мікроскоп
- C. ультрафіолетовий мікроскоп
- D. електронний мікроскоп

178. Основою для створення цього мікроскопу є явище люмінесценції. Який це прилад?

- A. світловий мікроскоп
- B. флуоресцентний мікроскоп
- C. електронний мікроскоп
- D. темнопольний мікроскоп

179. У експерименті використовуються живі, незабарвлені об'єкти, що містять структури, які по-різному заломлюють світлові промені. Який вид мікроскопії необхідно використовувати для їх вивчення?

- A. електронний мікроскоп
- B. фазово-контрастний мікроскоп
- C. конфокальний мікроскоп
- D. люмінесцентний мікроскоп

180. Мікроскоп – оптичний прилад, призначений для отримання збільшених зображень біологічних об'єктів. Яка частина мікроскопа створює перевернуте зображення об'єкта?

- A. тубус
- B. об'єктив
- C. конденсор
- D. дзеркало

181. При дослідженні гістологічного матеріалу необхідно вивчити структуру, розміром 0,1-0,7 мкм. Який вид мікроскопії необхідно застосувати для дослідження даних структур?

- A. світлова мікроскопія
- B. електронна мікроскопія
- C. ультрафіолетова мікроскопія
- D. флуоресцентна мікроскопія

182. Об'єктив – оптична частина мікроскопа, яка створює зображення об'єкта, що вивчається. Які об'єктиви не використовуються у світловій мікроскопії?

- A. сухі



- В. імерсійні
- С. ахроматичні
- Д. апохроматичні
- Е. електромагнітні

183. Необхідно вивчити ультрамікроскопічну структуру органели, що бере участь в біосинтезі протеїнів. Який вид мікроскопії необхідно застосувати?

- А. світлова мікроскопія
- В. електронна мікроскопія
- С. ультрафіолетова мікроскопія
- Д. темнопольна мікроскопія

184. Мікроскоп складається з оптичних і механічних частин. Що відносять до оптичних частин?

- А. тубус, окуляр, конденсор
- В. револьвер, макро- і мікрогвинт, дзеркало
- С. револьвер, окуляр
- Д. окуляр, об'єктив
- Е. тубус, окуляр, револьвер

185. При використанні ультрафіолетових променів як джерела світла, роздільна здатність мікроскопа збільшується. У яких мікроскопах використовується дане джерело світла?

- А. темнопольний і люмінесцентний
- В. люмінесцентний, ультрафіолетовий
- С. світловий, електронний
- Д. фазово-контрастний, ультрафіолетовий

186. Мікроскоп складається з механічних і оптичних частин. У яких деталях мікроскопа є діафрагма?

- А. окуляр
- В. конденсор
- С. тубус
- Д. револьвер

187. У експерименті використовувалися зафарбовані об'єкти, в яких необхідно визначити наявність певних хімічних компонентів. Який метод дослідження можна застосувати?

- А. темнопольна мікроскопія
- В. фазово-контрастна мікроскопія

- C. флуоресцентна мікроскопія
- D. усі варіанти вірні

188. При гістологічному дослідженні клітини застосовували люмінофори. Який тип мікроскопії використаний у даному випадку?

- A. світлова мікроскопія
- B. електронна мікроскопія
- C. флуоресцентна мікроскопія
- D. темнопольна мікроскопія

189. Перед дослідником поставлено завдання отримати просторове уявлення про структури об'єкта, що вивчається. З яким типом мікроскопії працюватиме фахівець?

- A. ультрафіолетова мікроскопія
- B. фазово-контрастна мікроскопія
- C. просвічуюча електронна мікроскопія
- D. конфокальна мікроскопія

190. Роздільна здатність мікроскопа залежить від довжини хвилі джерела світла. Яка роздільна здатність світлового мікроскопа?

- A. 0,1 мкм
- B. 0,2 мкм
- C. 0,4 мкм
- D. 0,1 нм
- E. 0,2 нм

191. Перед початком дослідження гістологічного препарату необхідно рівномірно освітити поле зору. Які частини мікроскопа для цього використовують?

- A. мікро- і макрогвіт
- B. конденсор і дзеркало
- C. тубус
- D. тубус і окуляр
- E. усі варіанти вірні

192. Перед дослідником поставлено завдання вивчити ультрамікроскопічну будову плазмалеми еритроцита. Який мікроскоп можна застосувати?

- A. світловий
- B. фазово-контрастний
- C. електронний

Д. ультрафіолетовий

193. При вивченні скелетної м'язевої тканини необхідно визначити ізо- і анізотропні структури тканини. Який вид мікроскопії буде використаний?

- А. світлової
- В. фазово-контрастної
- С. електронної

194. У клінічній лабораторії для вивчення загального аналізу крові використовуються мікроскопію. Який мікроскоп необхідний для цього?

- А. світловий
- В. фазово-контрастний
- С. електронний
- Д. ультрафіолетовий

195. В результаті біопсії отримано матеріал пухлинних клітин. Необхідно вивчити їх ультрамікроскопічну будову. Який вид мікроскопії використовують при даному дослідженні?

- А. світлової
- В. фазово-контрастної
- С. електронної
- Д. ультрафіолетової

196. Порушення обміну речовин характеризуються накопиченням певних сполук у тканинах хворого. Зокрема, при синдромі Марфана спостерігається накопичення у сполучній тканині глікозаміногліканів. Який з перерахованих методів дозволить визначити кількість речовини на зрізі тканини?

- А. декальцинація
- В. культивування
- С. авторадіографія
- Д. цитофотоспектрометрія

197. Для деяких захворювань щитовидної залози характерним є порушення обміну йоду. Який метод повинен вибрати дослідник, щоб прослідкувати етапи поглинання йоду з крові, включення його в синтез гормонів, подальше накопичення і виведення у складі гормонів у кров?

- А. морфометричний
- В. диференціального центрифугування

- С. гістохімічний
- Д. декальцинацію

198. Для вивчення механізмів вапнування кісткового матриксу експериментальній тварині ввели розчин радіоактивного фосфору  $^{32}\text{P}$ . Через певний час з кістки, узятої у тварини, виготовили гістологічні зрізи. Який метод дозволить визначити включення  $^{32}\text{P}$  у кісткову тканину?

- А. диференціального центрифугування
- В. авторадіографія
- С. гістохімія
- Д. декальцинація

199. Для вивчення нуклеїнових кислот на зрізі печінки, дослідник застосував гістохімічний метод, що дозволив виявити лізосоми як червоне забарвлення цитоплазми, і ДНК – жовто-зелене забарвлення ядра. Який барвник використано?

- А. толуїдиновий синій
- В. гематоксилін
- С. акридиновий оранжевий
- Д. конго червоний
- Е. янус зелений

200. Для багатьох наукових досліджень використовуються стовбурові клітини крові (СКК), узяті з пуповинної крові. Плюрипотентна СКК морфологічно нагадує малий лімфоцит і може бути ідентифікована лише за набором антигенів на клітинній поверхні. Яким методом можна ідентифікувати маркерні антигени?

- А. авторадіографічним
- В. світлової мікроскопії
- С. цитоспектрометричним
- Д. імуногістохімічним
- Е. диференціального центрифугування

## ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ДО ІСПИТУ

1. Поняття про клітину як живу систему, ємержентність.
2. Які характеристики живої системи Вам відомі?
3. Хімічний склад клітини.
4. Функції основних органічних сполук.
5. Характеристика нуклеотидів як макроергічних сполук.
6. Ензими, функції ензимів.
7. Клітина як динамічна, відкрита система.
8. Клітина як інформаційна, самовідтворююча система.
9. Роль нуклеїнових кислот у еволюції живого.
10. Гіпотеза виникнення клітинної форми життя.
11. Чи можна вважати елементарною живою системою хлоропласт? Чому?
12. Чи можна вважати елементарною живою системою мітохондрію? Чому?
13. Гіпотеза виникнення ядра клітини.
14. Історія вивчення клітини.
15. Яке значення має клітинна теорія, сформульована Т. Шванном у розвитку природничого світогляду?
16. Як пов'язана загальна цитологія з іншими природничими науками: хімією, фізикою, математикою тощо?
17. Як пов'язана загальна цитологія з іншими біологічними науками: біохімією, біофізикою, зоологією, ботанікою, молекулярною біологією, мікробіологією, імунологією, фізіологією, спеціальною цитологією та гістологією тощо?
18. Які практичні завдання біотехнолог може вирішувати у галузі рослинництва й тваринництва, фармакології, використовуючи досягнення сучасної цитології?
19. Які важливі проблеми сучасної медицини можна вирішувати, використовуючи фундаментальні знання з цитології?
20. Із яких частин складається оптична система світлового мікроскопа?
21. Із яких частин складається механічна й освітлювальна системи мікроскопа?
22. Основні правила роботи зі світловим мікроскопом.
23. Що таке роздільна здатність мікроскопа, від чого вона залежить?

24. Чому дорівнює роздільна здатність світлового й електронного мікроскопів?
25. Які переваги фазово-контрастної мікроскопії?
26. Методика мікроскопування у темному полі.
27. Особливості флуоресцентної мікроскопії.
28. Потрібно вивчити структури, розміри яких менші 0,2 мкм, але більші 0,1 мкм. Який метод світлової мікроскопії можна застосувати?
29. Якщо при роботі з мікроскопом поле зору залишилось темним, то про які можливі помилки це свідчить?
30. Конфокальна мікроскопія.
31. Деякі речовини у клітини мають здатність світитися під дією ультрафіолетових променів. Який мікроскоп можна використати для їхнього вивчення? Чи можливий у цьому випадку кількісний аналіз?
32. Які види мікроскопії потрібно застосувати, якщо необхідно дослідити форму незабарвлених живих клітин?
33. Світлооптичний метод, який слід застосувати при визначенні просторової локалізації упорядковано розташованих протеїнів.
34. Який мікроскоп слід використати при вивченні структури плазмолем товщиною 7–10 нм?
35. Атомно-силова мікроскопія.
36. Гістохімія, гістоімунохімія.
37. Що таке тимчасовий і постійний препарати?
38. Методика виготовлення тимчасових препаратів.
39. Проточна цитофлуориметрія.
40. Диференціальне центрифугування.
41. Який хімічний склад цитозолю?
42. Назвіть фізико-хімічні властивості цитозолю.
43. Які метаболічні процеси відбуваються у цитозолі?
44. Назвіть функції цитозолю.
45. Типи включень за функціональним призначенням.
46. Охарактеризуйте трофічні включення.
47. Що таке секреторні включення? Наведіть приклади.
48. Які включення можуть виконувати захисну функцію?
49. Яка роль пігментних включень? Наведіть приклади.
50. Ліпідні, протеїнові, цукоридні включення.
51. Охарактеризуйте зовнішню мітохондріальну мембрану. Яка її роль?

52. Мітохондріальний матрикс.
53. Дайте визначення внутрішньої мітохондріальної мембрани. Які процеси відбуваються у ній?
54. Охарактеризуйте протеїн-синтезуючу систему мітохондрій.
55. Що таке порин? Як забезпечується транспорт речовин із цитоплазми до матриксу мітохондрій? Які речовини транспортуються таким чином?
56. Про що свідчить наявність великої кількості крист у мітохондріях?
57. Як може змінюватись структура мітохондрій?
58. Охарактеризуйте генетичний апарат мітохондрій.
59. Де синтезуються протеїни для мітохондрій?
60. Функції мітохондрій.
61. Особливості мітохондрій.
62. Хлоропласти Які процеси здійснюються у стромі хлоропластів?
63. Які процеси відбуваються на мембранах тилакоїдів?
64. Поясніть терміни: тилакоїд, ламела, грани, кристи.
65. Різновиди пластид.
66. Назвіть основні етапи виготовлення постійних препаратів.
67. У чому суть фіксації?
68. Які бувають фіксатори, у в чому полягає механізм їхньої дії?
69. Для чого використовують заливку у тверді середовища (парафін, парапласт тощо) гістологічних об'єктів?
70. Як називаються прилади для отримання гістологічних зрізів?
71. Назвіть оптимальну товщину зрізів при використанні парафіну?
72. З якою метою забарвлюють гістологічні препарати?
73. Які групи барвників використовують у гістологічній практиці? Наведіть приклади.
74. Які забарвлені структури називають «оксифільними» та «базофільними»?
75. Які фіксатори, барвники використовують для електронної мікроскопії?
76. Дайте порівняльну характеристику гладенької та гранулярної ендоплазматичної сітки.
77. Чим відрізняється синтез білків «на експорт» від синтезу трансмембранних білків плазмолемі?

78. Як відбувається фіксація рибосом на ендоплазматичній сітці?
79. Синтез яких речовин активується в клітині при збільшенні кількості мембран гладенької ендоплазматичної сітки? Відповідь обґрунтуйте.
80. Які види ендоплазматичної сітки ви знаєте? Які їхні функції?
81. Що таке проміжний ретикулум (проміжна ендоплазматична сітка)?
82. Які посттрансляційні модифікації протеїнів відбуваються у гранулярній ендоплазматичній сітці?
83. Які сучасні уявлення про механізм транспорту поліпептидного ланцюга через мембрану гранулярної ендоплазматичної сітки?
84. Що таке цис- та транс-полюси апарату Гольджі? Яка між ними різниця?
85. Будова диктіосоми апарату Гольджі.
86. Які функції виконує комплекс Гольджі?
87. Опишіть механізм сортування у апараті Гольджі.
88. Яка роль клатринових пухирців?
89. Як утворюються аутофагосоми? Яку функцію вони виконують?
90. Класифікація лізосом.
91. Чим відрізняються лізосоми різних типів?
92. Які функції виконують пероксисоми?
93. Як можна на електроннограмі відрізнити пероксисоми від лізосом у клітині?
94. Цитоскелет.
95. Загальна характеристика ядра.
96. Чому ядерна мембрана має пори? У чому полягає функціональна специфіка ядерної мембрани?
97. Поверхневий апарат ядра.
98. Ядерця.
99. Ядерний сік.
100. Особливості поведінки деяких структур ядра за ділення клітини.
101. Клітинний цикл.
102. Регулятори клітинного циклу.
103. Мітоз.
104. У чому полягають функції ядерної ламіни?



105. Що таке кінетохор?
106. Що таке центромера? Характеристика.
107. Що таке цитокінез? Коли він відбувається?
108. Яке біологічне значення мітозу?
109. Мейоз.
110. Що таке біваленти?
111. На якому етапі мейозу утворюються біваленти?
112. На якому етапі мейозу відбувається розходження гомологічних хромосом?
113. На якому етапі мейозу в екваторіальній площині клітини розташована гаплоїдна кількість двохроматидних хромосом?
114. На якому етапі мейозу відбувається розходження однохроматидних хромосом?
115. Вкажіть на властиві мейозу процеси, в яких беруть участь хромосоми під час профазі I.
116. У чому полягає біологічне значення мейозу?
117. Чим відрізняється мейоз від мітозу? Відповідь обґрунтуйте.
118. Як підтримується постійне число хромосом і постійна кількість ДНК кожного виду в поколіннях?
119. Назвіть фази першого та другого поділу мейозу. Чим характеризується кожна фаза?
120. Назвіть стадії профазі I, охарактеризуйте кожен з них.
121. Етапи реалізації генетичної інформації
122. Що таке ген?
123. Структура ДНК, РНК.
124. Функції ДНК, РНК.
125. Рівні упакування ДНК.
126. Морфологія хромосом.
127. Хроматин, види хроматину.
128. Транскрипція.
129. Процесинг.
130. Будова оперону.
131. Функціонування оперону.
132. Трансляція.
133. Будова прокаріотичної рибосоми.
134. Будова еукаріотичної рибосоми.
135. Функції рибосом.
136. Утворення рибосом.
137. Каріотип.

138. На підставі яких ознак при каріотипуванні встановлюється належність хромосоми до певної пари?
139. Які Ви знаєте типи хромосом людини залежно від розміщення центромери?
140. Як позначають статеві хромосоми і до якої групи їх відносять згідно з Денверською міжнародною класифікацією хромосом людини?
141. Які номери мають найменші метацентричні хромосоми?
142. Що таке метафазна пластинка?
143. Чи можна застосовувати метод виявлення Х-хроматину як експрес-метод діагностики спадкових хвороб?
144. Рекомбінація.
145. Можливості мінливості генетичного матеріалу у природі.
146. Мутації.
147. Кросинговер.
148. Класифікація мутацій.
149. Мутагенні фактори.
150. Геномні мутації.
151. Генні мутації.
152. Хромосомні мутації.
153. Класифікація і будова вірусів.
154. Порівняння вірусів із клітинною формою життя.
155. Репродукція віріонів.
156. Лізогенія.
157. Літичний шлях репродукції.
158. Використання вірусів у біотехнології, медицині, сільському господарстві.
159. Вірус як чинник зміни геному клітини.
160. Що таке диференціація?
161. Основні відмінності диференційованої і недиференційованої клітини.
162. Механізми диференціації.
163. Диференційовані клітини ссавців.
164. Генетичний контроль за процесом диференціації.
165. Регенерація клітин.
166. Старіння клітини.
167. Теломерна теорія старіння клітини.
168. Теломери і теломераза.
169. Що таке апоптоз?
170. Яка роль апоптозу для багатоклітинних організмів?

171. Які існують шляхи активації апоптозу?
172. Що таке «рецептори смерті» і яка їх роль у апоптозі?
173. Які існують стадії апоптозу? Охарактеризуйте їх.
174. Поясніть шляхи активації апоптозу.
175. Що таке каспази? На які групи вони поділяються?
176. Яка різниця між «апоптозом» і «некрозом»?
177. Аутофагія.
178. Ентоз.
179. Мітотична катастрофа.
180. Що таке стовбурові клітини?
181. Класифікуйте стовбурові клітини.
182. Гемопоетичні стовбурові клітини.
183. Стромальні стовбурові клітини.
184. Особливості будови стовбурової клітини.
185. Асиметричне ділення стовбурової клітини.
186. Джерела стовбурових клітин.
187. Значення стовбурових клітин.
188. Пухлинні клітини.
189. Ознаки пухлинних клітин, які можна побачити у світловий мікроскоп.
190. Ознаки пухлинних клітин, які можна побачити у електронний мікроскоп.
191. Поліморфізм популяції пухлинних клітин.
192. Метод культури клітин, тканин, його застосування.

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Cooper G. M. The cell: a molecular approach. G. M. Cooper – N.Y., 2000. – 112 pp.
2. Diederich M. Natural compounds as inducers of cell death / M. Diederich, K. Noworyta. Volume 1. – Springer, 2012. – 518 pp.
3. Douglas R. Green. Means to an End: Apoptosis and Other Cell Death Mechanisms. – Cold Spring Harbor Laboratory Press, 2011. – 220 pp.
4. Gottlieb R. A. Autophagy in Health and Disease / R. A. Gottlieb. – Academic Press, 2012. – 240 pp.
5. Holbrook Nikki J. Cellular Aging and Cell Death / N. J. Holbrook, G. R. Martin, and R. A. Lockshin. – John Wiley & Sons, 1996. – 319 pp.
6. Johnson D. Cell Death Signaling in Cancer Biology and Treatment / D. Johnson. – Springer, 2012. – 422 pp.
7. Kettleworth C. R. Cell Apoptosis Research Advances / C. R. Kettleworth. – Nova Publishers, 2007. – 358 pp.
8. Levine B. Autophagy in Infection and Immunity / B. Levine, T. Yoshimori, V. Deretic. – Springer, 2009. – 353 pp.
9. Lodish H. Molecular cell biology. H. Lodish, A. Berk, S. L. Zipursky. – N.Y., 2002. – 372 pp.
10. Melino G. Cell Death / G. Melino, D. Vaux – Wiley, 2010. – 316 pp.
11. Pickens Ch. O. Cell Apoptotic Signalling Pathways Ch. O. Pickens. – Nova Publishers, 2007. – 222 pp.
12. Preedy V. R. Apoptosis / Preedy Victor R. – Science Publishers, 2010. – 654 pp.
13. Scheckel C., Aguzzi A. Prions, prionoids and protein misfolding disorders. Nature Reviews Genetics. 2018. Vol. 19. P. 405–418. 17.
14. Shemediuk A., Shemediuk N. Cell cycle regulation and proapoptotic activity of *Phallus impudicus*. Book of Abstract of the 4th International Scientific Conference agrobiodiversity for improve the nutrition, health and quality of human and bees life, Nitra, Slovakia, 11th–13th September 2019, P. 58.
15. Solek P. Male reprotoxicity associated with *Sophora japonica* treatment: evaluation of cellular and molecular events in vitro / P. Solek, N. Shemediuk, A. Gorka, A. Bilaska-Kos, A. Shemediuk, M. Koziorowski. // Journal of Physiology and Pharmacology. 2018. Vol. 69 (6). P. 969-977.  
[http://jpp.krakow.pl/journal/archive/12\\_18/pdf/10.26402/jpp.2018.6.11.pdf](http://jpp.krakow.pl/journal/archive/12_18/pdf/10.26402/jpp.2018.6.11.pdf)

16. Solek P. Risk of wild fungi treatment failure: *Phallus impudicus*-induced telomere damage triggers *p21/p53* and *p16*-dependent cell cycle arrest and may contribute to male fertility reduction in vitro / P. Solek, N. Shemediyuk, A. Shemediyuk, E. Dudzinska, M. Koziorowski // *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2021. Vol. 209. – 111782. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111782>.
17. The ENCODE Project Consortium. An integrated encyclopedia of DNA elements in the human genome. *Nature*. 2012. Vol. 489. P. 57–74.
18. Wang H.-G. *Autophagy and Cancer* / H.- G. Wang. – Springer, 2013. – 272 pp.
19. Yin X.-M. *Essentials of Apoptosis: A Guide for Basic and Clinical Research* / X.-M. Yin, Z. Dong. – Springer, 2009. – 730 pp.
20. Zhang C. V. *Cell Apoptosis Research Trends* / C. V. Zhang. – Nova Publishers, 2007. – 293 pp.
21. Біотехнологія : курс лекцій / О. І. Юлевич. – Миколаїв : МДАУ, 2007. – 156 с.
22. Біотехнологія : навчальний посібник / О. І. Юлевич, С. І. Ковтун, М. І. Гиль ; за ред. М. І. Гиль. – Миколаїв : МДАУ, 2012. – 476 с.
23. Біотехнологія. Освіта. Наука: Зб. тез Другої всеукр. наук.-практ. конф., присвяч. 160-річчю Нац. ун-ту «Львів. Політехніка», Львів, 6 – 8 жовт. 2004р. / Ред.: В. П. Новіков; О. В. Швед; Нац. ун-т «Львів. Політехніка». Ін-т хімії та хім. технологій. – Л., 2004. – 176 с.
24. Біотехнологія: підручник / В. Г. Герасименко, М. О. Герасименко, М. І. Цвіліховський та ін.; за заг. ред. В. Г. Герасименка. – К. : ІНК ОС, 2006. – 647 с.
25. Боечко Ф. Ф., Боечко Л. О., Шмиголь І. В. *Основи молекулярної біології: курс лекцій*. Черкаси: Вид. від. ЧНУ імені Богдана Хмельницького, 2013. 255 с.
26. Васько Л. В., Кіптенко Л. І., Гортинська О. М., Гринцова Н. Б. *Навчальний посібник для самостійної роботи з курсу «Гістологія, цитологія і ембріологія»*. МОДУЛЬ І «Основи цитології» «Цитологія в питаннях і відповідях». Суми: СумДУ, 2014. 106 с.
27. Вигнан Д. С., Оліярник О. Д. Досягнення і проблеми післягеномної ери. *Науковий вісник ЛНУВМБТ ім. С. З. Гжицького*. 2013. Т. 15, № 3 (57). С. 3–9.
28. Гиль М. І., Сметана О. Ю., Юлевич О. І. *Молекулярна генетика та технології дослідження геному : навч. посіб.* Миколаїв : МНАУ, 2014. 280 с.

29. Гістологія з основами ембріології [Текст] : підручник для студ. природничих спец. вищих пед. навч. закл. / Є. С. Трускавецький, Р. К. Мельниченко. – К. : Вища школа, 2005. – 327 с.
30. Гістологія: підручник і атлас. З основами клітинної та молекулярної біології: 8-е видання: у 2 томах. Том 1 / Войцех Павліна, Майкл Г. Росс, 2021 р, 462 с.
31. Горбатенко І. Ю. Апоптоз – запрограмована смерть клітини. *Curriculum vitae* клітини – життєвий шлях клітини: навч. посіб. / І. Ю. Горбатенко, М. І. Гиль, Л. І. Денисюк; за ред. професора І. Ю. Горбатенка. – Миколаїв : МНАУ, 2017. – 168 с.
32. Дубінін С. І., Пілюгін В. О., Ваценко А. В., Улановська-Циба Н. А., Передерій Н. О. Сучасні проблеми молекулярної біології: підруч. Полтава: ПНУ, 2016. 395 с.
33. Єлинська Н. О., Гудзенко Т. В., Галкін М. Б. Молекулярна біологія клітини. Ч. 1 : Прокаріоти. Курс лекцій. Одеса, Одес. нац. ун-т ім І. І. Мечникова, 2018. 60 с.
34. Загальна гістологія з курсом ембріології : навч.-метод. посіб. для практичних занять студентів 1 курсу медичних факультетів (частина II) / С. С. Ключко, В. М. Євтушенко, О. В. Федосєєва та ін. Запоріжжя: ЗДМУ, 2017. 93 с.
35. Загальна гістологія з курсом ембріології : навчально-методичний посібник для практичних занять студентів 1 курсу медичних факультетів (частина II) / С. С. Ключко, В. М. Євтушенко, О. В. Федосєєва та ін. – Запоріжжя: ЗДМУ, 2017. – 93 с., іл.
36. Загальна цитологія. Практикум : навч. посіб. / М. Е. Держинський, О. К. Вороніна, Н. В. Скрипник, С. М. Гарматіна, Л. М. Пазюк; упорядкування Н. В. Скрипник. Київ : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2011. 126 с.
37. Іншина Н. М. Основи молекулярної біології. Навчальний посібник. Суми. Сумський державний університет, 2019. 121 с.
38. Ключко С. С., Євтушенко В. М., Федосєєва О. В. Загальна гістологія з курсом ембріології : навч.-метод. посіб. для практичних занять студентів 1 курсу медичних факультетів (частина II). Запоріжжя: ЗДМУ, 2017. 93 с.
39. Кучменко О. Б., Марченкова А. І. Молекулярна біологія клітини. Навчальний посібник. Ніжин, НДУ ім. М. Гоголя, 2021. 135 с.
40. Кучменко О. Б., Марченкова А. І. Цитологія. Навчальний посібник. Ніжин, НДУ ім. М. Гоголя, 2018. 147 с.

41. Мадіч А. В. Отримання клітинних культур і можливість їх використання в ембріональній біотехнології : Навчально-методичний посібник / Мадіч А. В., Шеремета В. І., Гевкан І. І., Сливчук Ю. І., Штапенко О. В., Федорова С. В. – 128 с.
42. Медична мікробіологія, вірусологія та імунологія: підруч. / За редакцією академіка НАН України В.П. Широбокова. Вінниця: Нова Книга, 2011. 952 с.
43. Навчальний посібник для самостійної роботи з курсу «Гістологія, цитологія і ембріологія». МОДУЛЬ І «Основи цитології» «Цитологія в питаннях і відповідях» / Л. В. Васько, Л. І. Кіптенко, О. М. Гортинська, Н. Б. Гринцова, Суми: СумДУ, 2014. 106с.
44. Онкологія. Вибрані лекції для студентів і лікарів/ за ред. В. Ф. Чехун. – Київ: Здоров'я України. – 2010. – 768 с.
45. Остапченко Л. І., Гребіник Д. М. Біохімія нуклеїнових кислот. Навчальний посібник. Київ. Видавничополіграфічний центр «Київський університет». 2013. 290 с.
46. Остапченко Л. І., Синельник Т. Б., Компанець І. В. Біологічні мембрани та основи внутрішньоклітинної сигналізації. Теоретичні аспекти : навч. посіб. Київ : ВПЦ «Київський університет», 2016. 639 с.
47. Остапченко Л. І., Синельник Т. Б., Компанець І. В. Біологічні мембрани та основи внутрішньоклітинної сигналізації: методи дослідження : навч. посіб. Київ : ВПЦ «Київський університет», 2017. 447 с.
48. Остапченко Л.І. Біохімічні механізми апоптозу / Л. І. Остапченко, Т. Б. Синельник, Т. В. Рибальченко, В. К. Рибальченко. – ВПЦ «Київський університет», 2010. – 310 с.
49. Посібник до лабораторних занять із курсу «Загальна цитологія та гістологія» / М. Е. Держинський, С. М. Гарматіна, О. В. Данилова та ін. – К. : Фітосоціоцентр, 2006.
50. Практикум з мікробіології: методичні рекомендації / О. І. Віннікова, І. М. Моргуль – 2-ге вид., доповнене. – Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2009. – 33 с.
51. Регуляція експресії генів : презентація лекції для студентів / Н. В. Заїчко. Вінниця, ВНМУ ім. М. І. Пирогова, 2017. – На правах рукопису (<https://dspase.vnmou.edu.ua/123456789/2214>)
52. Реплікація, транскрипція, трансляція : презентація лекції для студентів / Н. В. Заїчко. Вінниця, ВНМУ ім. М. І. Пирогова, 2017. – На правах рукопису (<https://dspase.vnmou.edu.ua/123456789/2159>).

53. Сиволоб А. В., Афанасьєва К. С. Молекулярна організація хромосом: навч. посіб. Київ : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008. 126 с.
54. Сиволоб А. В. Молекулярна біологія: підруч. Київ : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008. 384 с.
55. Сиволоб А. В. Фізика ДНК: навч. посіб. Київ : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2011. 335 с.
56. Стойка Р. С. Методичні вказівки до навчального курсу «Методи клітинної біології». – Львівський державний університет, Львів, 1996. – 79 с.
57. Столяр О. Б. Молекулярна біологія : навч. посіб. Вид. 2-ге доповнене та перероблене Київ : КНТ, 2017. 224 с.
58. Структурно-функціональна організація молекулярно -генетичного та клітинного рівнів: методичні рекомендації з медичної біології, паразитології та генетики для студентів та викладачів ВНМЗ/ С. І. Дубінін, П. М. Ковтуновський, В. О. Пілюгін та ін. Полтава, 2006. – 103 с.
59. Фізіологія рослин: практикум / О. В. Войцехівська, А. В. Капустян, О. І. Косик та ін. За заг. ред. Т. В. Паршикової. Луцьк: Терен, 2010. 420 с.
60. Фізіологія рослин: практикум / О. В. Войцехівська, А. В. Капустян, О. І. Косик та ін. За заг.ред. Т. В. Паршикової – Луцьк: Терен, 2010. – 420 с.
61. Фільченков О. О. Апоптоз і рак: від теорії до практики / О. О. Фільченков, Р.С. Стойка. – ТДМУ «Укрмедкнига», 2006. – 527 с.
62. Цитологія, гістологія, ембріологія: навч. посібник / В. П. Новак, А. П. Мельниченко. – Біла Церква, 2005 – 255 с.
63. Шемедюк Н. П. Регуляція клітинного циклу GC-1 spg і GC-2 spd / Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Перспективні матеріали та інноваційні технології: біотехнологія, прикладна хімія та екологія» // Київський національний університет технологій та дизайну, Київ: 2020, 162 с.
64. Шемедюк Н. П. Зміна профілю клітинного циклу клітин сперматогенного епітелію за впливу *Phallus impudicus* // Медична та клінічна хімія. 2019. Т. 21, № 3(80) (Додаток, Матеріали XII Українського біохімічного конгресу м. Тернопіль (30 вересня – 4 жовтня 2019 р.). С. 259.
65. Шемедюк Н. П. Метод ІФА: Аналіз переваг і недоліків: Тваринництво та ветеринарія, 11, 2021, 26-27.



66. Шемедюк Н. П. Регуляція клітинного циклу GC-1 spg і GC-2 spd / Перспективні матеріали та інноваційні технології: біотехнології, прикладна хімія та екологія: колективна монографія / за заг. редакцією О. Р. Мокроусової. Київ: Світ Успіху, 2020. С.105–116.
67. Шемедюк Н.П. Мікросателітна нестабільність. Науковий вісник ЛНУВМБТ ім. С. З. Гжицького. Серія «Біологічні науки». Львів. 2014. Т. 17. №1(61). Ч.3. С.277 – 281.
68. Шемедюк Н.П. Характеристика можливостей імуноферментного аналізу. Науковий вісник ЛНУВМБТ ім. С. З. Гжицького. Серія «Біологічні науки». – Львів. 2016. Т.18. №2(66). С.212 – 217.
69. Шемедюк Н.П., Dudzinska E. Регуляція апоптозу *Phallus impudicus* / Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Фізіолого-біохімічні та технологічні аспекти тваринництва» // Білоцерківський національний аграрний університет, 2020, 143 с.
70. Шемедюк Н.П., Стахів О. Р. Теломерна теорія старіння клітини. Науковий вісник ЛНУВМБТ ім. С. З. Гжицького. Львів. 2016. Т.18. №3(71). С.109 – 111.

### Інтернет-ресурси

1. [http://biol.univ.kiev.ua/posib/bio\\_memOsMikh.pdf](http://biol.univ.kiev.ua/posib/bio_memOsMikh.pdf)
2. <http://patsudmed.dsmu.edu.ua/attachments/article/25/202003.pdf>
3. [https://biology.univ.kiev.ua/images/stories/Kafedry/Biochimiya/Biblioteka/Biol\\_membrany/Ostapchenko\\_Kompanets\\_Biol.membrany.pdf](https://biology.univ.kiev.ua/images/stories/Kafedry/Biochimiya/Biblioteka/Biol_membrany/Ostapchenko_Kompanets_Biol.membrany.pdf)
4. [https://biology.univ.kiev.ua/images/stories/Kafedry/Cytologiya/Biblioteka/Zagalna\\_cyto\\_site/Zagalna\\_Cytologiya\\_ta\\_gistologiya\\_Dzerzhynskiy.pdf](https://biology.univ.kiev.ua/images/stories/Kafedry/Cytologiya/Biblioteka/Zagalna_cyto_site/Zagalna_Cytologiya_ta_gistologiya_Dzerzhynskiy.pdf)
5. <https://www.edx.org/course/cell-biology-mitochondria>
6. <https://www.youtube.com/watch?v=2aVnN4RePyI&t=326s>
7. <https://www.youtube.com/watch?v=39HTpUG1MwQ>
8. <https://www.youtube.com/watch?v=3y1dO4nNaKY>
9. <https://www.youtube.com/watch?v=5bLEDd-PSTQ>
10. <https://www.youtube.com/watch?v=7Hk9jct2ozY>
11. <https://www.youtube.com/watch?v=9RUHJhskW00>
12. <https://www.youtube.com/watch?v=bRcjB11hDCU>
13. <https://www.youtube.com/watch?v=C6hn3sA0ip0>
14. <https://www.youtube.com/watch?v=d4TJ4NY1IA0>
15. <https://www.youtube.com/watch?v=DR80Huxp4y8>
16. [https://www.youtube.com/watch?v=eWkFJx\\_tz2w](https://www.youtube.com/watch?v=eWkFJx_tz2w)
17. <https://www.youtube.com/watch?v=IvJrDsRuWxQ>

18. <https://www.youtube.com/watch?v=Jml8CFBWcDs>
19. <https://www.youtube.com/watch?v=jp6L5emD8rw>
20. <https://www.youtube.com/watch?v=kXpzp4RDGJI>
21. <https://www.youtube.com/watch?v=LwSKgrdomPM>
22. <https://www.youtube.com/watch?v=nMEyeKQClqI>
23. <https://www.youtube.com/watch?v=oxX2fq2DBBo>
24. <https://www.youtube.com/watch?v=pwymX2LxnQs>
25. <https://www.youtube.com/watch?v=RKmaq7jPnYM>
26. <https://www.youtube.com/watch?v=ufCiGz75DAk>
27. <https://www.youtube.com/watch?v=URUJD5NEXC8>
28. <https://www.youtube.com/watch?v=VLJF8Pf8spw>
29. <https://www.youtube.com/watch?v=-vmtK-bAC5E>
30. <https://www.youtube.com/watch?v=wJyUtbn0O5Y>
31. <https://www.youtube.com/watch?v=XiQp-tHSnjY>
32. <https://www.youtube.com/watch?v=xweYA-IJTqs>
33. <https://www.youtube.com/watch?v=yk14dOOvwMk>
34. <https://www.youtube.com/watch?v=ZXkfEYocK-8>

**Шемедюк Наталія Петрівна  
Костинюк Анастасія Констянтинівна**

**Біологія клітини**  
**навчально-методичний посібник**  
**для студентів спеціальності**  
**162 «Біотехнології та біоінженерія»**

Підписано до друку 15.12.2020 р. Формат 60x84  
Папір офсетний. Тираж 100 прим.  
Видавництво “Папірус”