

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»**

**БІОЛОГІЯ.**

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**

до виконання лабораторних робіт з дисципліни  
студентами напряму підготовки  
6.040106 Екологія, охорона навколишнього  
середовища та збалансоване природокористування

**ЧАСТИНА II**

Дніпропетровськ  
2012



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»**



**ГІРНИЧИЙ ФАКУЛЬТЕТ**  
*Кафедра екології*

**БІОЛОГІЯ.**

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**

до виконання лабораторних робіт з дисципліни  
студентами напряму підготовки  
6.040106 Екологія, охорона навколишнього  
середовища та збалансоване природокористування

**ЧАСТИНА II**

Дніпропетровськ  
НГУ  
2012

Біологія. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт з дисципліни студентами напряму підготовки 6.040106 Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування [Текст] / А.І. Горова, І.І. Клімкіна, В.В. Федотов. – Ч. 2. – Д.: Національний гірничий університет, 2012. – 34 с.

Автори:

А.І. Горова, д-р біол. наук, проф. ( загальні положення, роботи 6, 9);

І.І. Клімкіна, канд. біол. наук, доц. (роботи 2 – 6, 9);

В.В. Федотов, асист. (роботи 1, 7 – 10).

Затверджено до видання методичною комісією з напряму підготовки 0708 Екологія (протокол № 2 від 14.03.2012) за поданням кафедри екології (протокол № 9 від 13.03.2012).

У методичних рекомендаціях подано короткі відомості про загальні й конкретні закономірності життя у всіх його проявах та на всіх рівнях біологічної організації. Ці рекомендації розкривають основні методологічні напрями біологічних досліджень, що можуть бути застосовані до вирішення таких важливих науково-прикладних завдань сучасності, як охорона довкілля, раціональне використання природних ресурсів, збереження різноманітності біологічних видів, моніторинг навколишнього середовища тощо. В основу другої частини лабораторного практикуму з біології покладено методологію проведення досліджень на біохімічному й молекулярному рівнях з урахуванням механізмів процесу фотосинтезу, факторів еволюції, форм природного відбору та ін. Навички, яких набувають студенти, засвоюючи розглянутий матеріал, можуть бути корисними для визначення ступеня біологічної трансформації живих організмів унаслідок техногенезу, а також під час дослідження їхніх адаптивних можливостей. Рекомендації адресовано студентам відповідного напряму підготовки.

Відповідальна за випуск завідувач кафедри екології, д-р біол. наук, проф.  
А.І. Горова.

## ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Дані методичні рекомендації розроблено для використання у вивченні дисципліни «Біологія» протягом другого навчального семестру (28 академічних годин). Матеріал рекомендацій допоможе студентам напряму підготовки 6.04010601 «Екологія та охорона навколишнього середовища» набути навичок виконання лабораторних робіт з даної дисципліни, більш глибоко засвоїти їх зміст.

Це видання являє собою логічне продовження матеріалу вже впровадженої у навчальний процес першої частини лабораторного практикуму.

До складу рекомендацій входить 10 лабораторних робіт, тексти яких викладено за типовою структурною схемою – тема, мета роботи, матеріали та обладнання, стисле подання теоретичних положень за темою, хід виконання роботи, завдання, питання для самоконтролю. Послідовність проведення лабораторних робіт відповідає темам лекційних занять, що сприяє практичному закріпленню теоретичних знань з даної дисципліни.

Виконуючи лабораторні роботи, студенти опановують методологію сучасної біологічної науки, що надалі дасть їм змогу застосувати на практиці біоекологічний підхід до технологій збереження довкілля з урахуванням самовідновної здатності природи.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

**Тема:** Дослідження якісних реакцій на білки.

**Мета роботи:** Вивчити основні властивості й функції білкових молекул у клітинах рослин і тварин; дослідити якісні реакції на білки.

**Матеріали й обладнання:** Штатив із пробірками, мірна колба, воронка, скляна паличка, фільтрувальний папір, дистильована вода, розчин яєчного білка, розчини: їдкою натрію – 10 % (для біуретової реакції) і 20 % (для реакції на сірчанокислі білки), сірчанокислої міді – 1 %, желатину – 1 %, оцтовокислого свинцю – 1 %, оцтової кислоти – 1 %, натрій хлористий, кристалічний.

*Білки* – це високомолекулярні органічні сполуки, мономерами яких є амінокислоти, з'єднані пептидним зв'язком. Вони відіграють величезну роль у життєдіяльності клітин і тканин як базова складова частина всього живого.

З білками в живому організмі пов'язані найважливіші функції: ріст і розвиток клітин, травлення, розмноження, передача спадкових ознак, подразливість тканин, м'язові скорочення, утворення антитіл до антигенів, каталіз біохімічних реакцій, перенесення життєво важливих речовин та ін.

Білки – основний матеріал, з якого будується структура живої клітини. До складу білків входять (%): вуглець (50,6 – 54,5), кисень (21,5 – 23,5), азот (15,0 – 17,6), водень (6,5 – 7,8), сірка (0,3 – 2,5), фосфор (0,5 – 0,6).

Білки поділяються на дві групи – прості й складні. *Прості* білки при гідролізі розпадаються тільки на амінокислоти. *Складні* білки, крім

амінокислот, включають також речовини небілкової природи – нуклеїнові кислоти, вуглеводи, ліпіди, пігменти, фосфорну кислоту та ін.

У побудові молекул різних білків беруть участь 20 амінокислот. Залежно від числа аміногруп і карбоксильних груп у молекулі амінокислоти поділяються таким чином:

1) моноаміномонокарбонові, які містять одну аміно- й одну карбоксильну групи;

2) моноамінодикарбонові, до складу молекули яких входять одна аміно- й дві карбоксильні групи;

3) діаміномонокарбонові, для яких характерна наявність у молекулі двох аміногруп та однієї карбоксильної.

У білковій молекулі амінокислоти з'єднані між собою пептидними зв'язками. З'єднання із двох амінокислот зветься дипептидом (наприклад, гліцин-аланін), із трьох – трипептидом і т. д., а з багатьох амінокислот – поліпептидом.

Амінокислоти й білки мають *амфотерні* властивості. Унаслідок дисоціації як вільні аміногрупи, так і вільні карбоксильні групи, набувають зарядів: у кислому середовищі – позитивного, у лужному – негативного.

Регулюючи рН середовища, можна досягти такого стану, коли дисоціація аміногруп і карбоксильних груп буде однаковою, тобто буде зрівняно кількість позитивних і негативних зарядів, отже, загальний заряд частки буде дорівнювати нулю. Значення рН, за якого сума позитивних зарядів буде дорівнювати сумі негативних зарядів білкової молекули, зветься *ізоелектричною точкою*. В ізоелектричній точці розчини білка досить нестійкі, білок з них легко випадає в осад.

*Якісні реакції* на аміногрупи, пептиди й білки можна розподілити на дві групи: а) *кольорові* реакції, зумовлені наявністю амінокислот і пептидів; б) реакції *осадження*, викликані зміною фізико-хімічних властивостей білкових молекул.

До *кольорових* відносять *біуретову реакцію* і *реакцію на сірковмісні амінокислоти*.

*Біуретову реакцію* спостерігають, коли в лужному середовищі білки, а також продукти їхнього гідролізу дають фіолетове або червоно-фіолетове забарвлення в поєднанні із солями міді. Таку реакцію викликає наявність пептидних зв'язків.

Біуретова реакція проявляється в тих сполуках, які містять не менше двох пептидних груп. Інтенсивність забарвлення залежить від довжини пептиду, воно може бути від синьо-фіолетового до червоно-фіолетового й червоного.

*Реакція на сірковмісні амінокислоти* (наприклад, цистин, цистеїн, метіонін) відбувається за рахунок того, що в молекулах зазначених амінокислот сірка зв'язана відносно слабо й легко відщеплюється під час лужного гідролізу у вигляді сірководню, що реагує з лугом, утворюючи сульфід натрію або калію. Сульфід взаємодіють із оцетокислим свинцем, утворюючи осад сірчистого свинцю чорного або чорно-бурого кольору.

Що стосується *реакцій осадження білків*, то вони спостерігаються як наслідок впливу різноманітних факторів, що викликають зміну структури макромолекул. Даний процес відомий як *денатурація*. При денатурації порушується конформація білкової молекули. Ці зміни стосуються в першу чергу вторинної й третинної структури без порушення при цьому ковалентних (пептидних) зв'язків.

Фактори, що викликають денатурацію, можна поділити на дві групи: фізичні й хімічні. До фізичних відносяться – висока температура, механічні впливи, обробка ультразвуком, дія іонізуючого випромінювання; до хімічних – осадження іонами важких металів, мінеральними й органічними кислотами, нейтральними солями амонію, лужних і лужноземельних металів; органічними розчинниками й т. д.

### ***Порядок виконання роботи***

#### ***Приготування розчину білка***

Розчин яєчного білка для кольорових реакцій і реакцій осадження готують у такий спосіб: білок одного курячого яйця відокремлюють від жовтка й розчиняють в 15 – 20-кратному об'ємі дистильованої води. Розчин фільтрують через марлю в 4 – 5 шарів, зберігають у холодильнику.

#### ***Проведення біуретової реакції***

Налити в пробірку 2 мл розчину яєчного білка, додати 2 мл 10 % розчину їдконого натрію і потім 1 – 2 краплі 1 % розчину сірчаної кислоти міді. Простежити появу червоно-фіолетового забарвлення.

#### ***Проведення реакції на сірковмісні амінокислоти***

У першу пробірку налити 2 мл розчину яєчного білка, у другу – 2 мл розчину желатину. В обидві пробірки додати по 1 – 1,5 мл розчину лугу (20 % розчин NaOH). Потім обидві пробірки обережно нагріти до кипіння й кип'ятити 1 – 2 хвилини. Після кипіння в кожену пробірку додати по 2 – 3 краплі 1 % розчину оцтової кислоти свинцю. Простежити появу бурого-чорного або чорного забарвлення в першій пробірці, його інтенсивність залежить від концентрації розчину. Відзначити відсутність забарвлення в другій пробірці, оскільки желатин не містить сірковмісних амінокислот.

#### ***Проведення реакції осадження хлористим натрієм***

Налити в пробірку 2 – 3 мл розчину яєчного білка. Додати порошок кристалічного хлористого натрію (до одержання насиченого розчину). Через 5 – 6 хвилин відзначити випадання осаду (глобулінів). Вміст пробірок профільтрувати через паперовий фільтр, отриманий фільтрат (з альбумінами)

підкислити 1 % розчином оцтової кислоти (2 – 3 краплі). Осад альбумінів профільтрувати. У фільтраті за допомогою біуретової реакції довести відсутність білка.

Усі спостереження необхідно занести в робочий зошит, зробити відповідні висновки, захистити роботу.

### **Контрольні питання**

1. Чим відрізняються складні білки від простих?
2. Які речовини є мономерами білків?
3. Який зв'язок здатен зберігати первинну структуру білків?
4. Які зв'язки стабілізують вторинну й третинну структуру білків?
5. Які білки мають четвертинну структуру? Наведіть приклади.
6. У чому полягає різниця між кількісними та якісними реакціями?
7. Охарактеризуйте основні якісні реакції на білки.
8. В чому полягає суть біуретової реакції?
9. Яким чином у досліджуваному розчині можна виявити сірковмісні білки?
10. Що являє собою денатурація білкових молекул і які чинники її викликають?
11. За яких умов можна спостерігати ренатурацію білків?

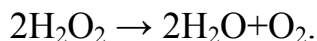
## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2**

**Тема:** Спостереження процесу розщеплення перекису водню в клітинах живих організмів.

**Мета роботи:** З'ясувати каталітичну роль білків в існуванні живих організмів; провести досліди й спостереження над розщепленням перекису водню під впливом ферменту каталази в рослинних клітинах.

**Матеріали й обладнання:** Мікроскопи типу МБР-1 або «Біолам», предметні й покривні скельця, препарувальна голка, пінцет, скляна паличка, фільтрувальний папір, дистильована вода, 3 % розчин перекису водню; біологічний матеріал: листки елодеї канадської (*Elodea canadensis Michx.*), бегонії бульбочкової (*Begonia tuberosa Hort.*), пеларгонії великоквіткової (*Pelargonium grandiflorum*), бальзаміну Валлера (*Impatiens walleriana*), троянди китайської (*Hibiscus rosa-sinensis*); бульба картоплі (*Solanum tuberosum*); кусочки м'якоті яблука (*Malus domestica*); варена картопля.

У процесі дихання в живих клітинах нагромаджується перекис водню, який токсично впливає на їхню життєдіяльність. Фермент каталаза прискорює розщеплення перекису водню на воду і кисень, тобто





Каталаза є одним з найбільш швидкодіючих ферментів, наприклад, одна її молекула здатна за секунду перетворити кілька мільйонів молекул перексиду водню на воду й кисень. Цей фермент наявний майже в усіх організмах.

За структурою, каталаза – це не що інше як тетрамер з чотирьох поліпептидних ланцюжків, на кожному з яких міститься близько 500 амінокислот. В активному центрі тетраметру розміщено гем. Оптимальна кислотність середовища для дії каталази має становити 7,0, тоді як оптимальна температура залежить від виду організму.

Каталітична активність каталази неоднакова в різних видів рослин і тварин. Вона залежить також від впливу зовнішніх умов на організм, його стану й віку. Так, молоді тканини ростуть, у них інтенсивніше відбувається процес дихання, тому активність каталази вища, ніж у тканинах старих організмів.

Білки в клітині, крім каталітичної, виконують інші функції: рухову, транспортну, захисну, енергетичну, структурну та ін.

### ***Завдання***

1. Дослідити наявність каталази в рослинних тканинах.
2. Порівняти активність каталази в листках різних видів рослин.
3. Встановити активність каталази в листках елодеї різного віку.

### ***Порядок виконання роботи***

*Дослід 1.* На предметне скло кладуть тонкі зрізи (приблизно 6 x 8 мм) стебла рослини, бульби картоплі, або шматочків м'якоті яблука. З одного боку кожного фрагмента тканини піпеткою наносять краплю води, з другого – перекис водню. Поясніть результати дослідів.

*Дослід 2.* На предметне скло наносять дві краплі перекису водню й додають у них шматочки листків елодеї та бегонії. Приготовані препарати розглядають відразу ж під мікроскопом, пересуваючи предметне скло.

*Дослід 3.* На предметне скло наносять поряд дві краплі перекису водню, кладуть у них по листку елодеї різного віку й спостерігають під мікроскопом виділення бульбашок кисню. Для порівняння кладуть у третю краплю перекису водню листок елодеї, підданий кип'ятінню, або тонкий фрагмент вареної картоплі.

Результати кожного дослідів записують у зошит. Необхідно зробити загальні висновки.

### ***Контрольні питання***

1. Що являє собою каталаза і яку роль вона відіграє в існуванні клітин живих організмів?
2. Яким чином каталітична активність каталази залежить від різних видів організмів, а також стану кожного з них та його віку?

3. Яке явище спостерігається при нанесенні води й перекису водню на шматочки тканини живих організмів?

4. Чи однакова інтенсивність виділення бульбашок кисню з листків різних рослин? Про що це свідчить?

5. Чи однакова інтенсивність виділення кисню при дослідженні листків рослин різного віку?

6. Що являє собою денатурація білків і яким чином вона впливає на активність ферментів?

### ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

**Тема:** Дослідження властивостей ліпідів.

**Мета роботи:** Вивчити склад ліпідів, їх утворення, з'ясувати будову й властивості жирів як естерів гліцерину та вищих карбонових кислот; ознайомитися з фізичними та хімічними властивостями жирів; вивчити поширення жирів у природі, їх біологічну роль, застосування.

**Матеріали й обладнання:** Штатив із пробірками, мірна колба, воронка, скляна паличка, дистильована вода, етиловий спирт, бензол, хлороформ, соняшникова олія, 20 % розчин  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .

*Ліпіди* – група органічних речовин, що входять до складу живих організмів і характеризуються нерозчинністю у воді та розчинністю в неполярних розчинниках, наприклад в ефірі, хлороформі та бензолі.

Це визначення об'єднує велику кількість різних за хімічною природою сполук, зокрема таких як жирні кислоти, воски, фосфоліпіди, стероїди та багато інших.

Також різноманітністю визначаються функції ліпідів у живих організмах, наприклад, жири слугують для запасання енергії, фосфоліпіди та стероїди входять до складу біологічних мембран, решта ліпідів (їхня кількість у клітинах незначна) можуть бути коферментами, світлопоглинальними пігментами, переносниками електронів, гормонами, вторинними посередниками під час внутрішньоклітинної передачі сигналу, гідрофобними «якорями», що утримують білки біля мембран, шаперонами, які сприяють фолдингу білків, емульгаторами в шлунково-кишковому тракті.

Ліпіди можна виділити з клітин за допомогою неполярних розчинників (ефіру, хлороформу, ацетону тощо). Ліпіди здатні утворювати складні сполуки з білками, вуглеводами, залишками фосфатної кислоти тощо.

Найпоширеніші серед ліпідів жири. *Жири* – це органічні речовини, що являють собою сполуки складних ефірів триатомного спирту гліцерину  $\text{CH}_2\text{OH}-\text{CHOH}-\text{CH}_2\text{OH}$  і різноманітних жирних кислот.

Серед останніх можуть бути як *насичені* кислоти (не мають подвійних зв'язків), наприклад пальмітинова  $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$  і стеаринова  $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$  (входять до складу ліпідів усіх тваринних тканин), так і *ненасичені* кислоти з одним подвійним зв'язком (олеїнова кислота  $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$ ), двома (лінолева

кислота  $C_{17}H_{31}COOH$ ) і трьома (ліноленова кислота  $C_{17}H_{29}COOH$ ) подвійними зв'язками, а також з потрійним зв'язком (гариринова кислота  $C_{17}H_{31}COOH$ ), деякі з них мають навіть чотири (як у арахідонової кислоти  $C_{19}H_{31}COOH$ ) подвійні зв'язки між атомами вуглецю.

Ненасичені жирні кислоти містяться лише в рослинних жирах і в так званому риба'чому жирі. При цьому організм людини їх не синтезує, але вони беруть участь у багатьох біохімічних процесах. З цієї причини жирні кислоти відносять до незамінних продуктів харчування. Суміш ненасичених жирних кислот називають вітаміном F.

Жири тваринного походження мають при кімнатній температурі, як правило, тверду консистенцію, риба'чий жир і більшість рослинних жирів – рідку. З рослинних жирів твердими є масло какао та пальмове масло.

Шляхом гідролізу (омилення) жири легко розщеплюються на гліцерин і жирні кислоти, причому різні кислоти проявляють неоднакову стійкість до дії високих температур і мікроорганізмів. Так, насичені жирні кислоти досить стійкі не тільки при звичайних температурах, наприклад, унаслідок нагрівання навіть до  $400\text{ }^{\circ}\text{C}$  вони важко втрачають свою карбоксильну групу й не розкладаються.

Якщо гідроліз здійснювати за наявності лугу, то крім гліцерину, утворюються *мила*. Тверді мила – це натрієві солі вищих жирних кислот, рідкі мила – калієві солі.

Якщо рідкі жири приєднують водень, то вони перетворюються на тверді. Цей процес називається *гідруванням*.

Досить стійкими є також ненасичені жирні кислоти з одним подвійним зв'язком (типу олеїнової). Ненасичені кислоти із двома й більшим числом подвійних зв'язків менш стійкі; вони окислюються, твердіють, стають темними, набувають неприємного запаху. До того ж ненасичені кислоти легко окисляються й полімеризуються, а при нагріванні до  $300\text{ }^{\circ}\text{C}$  розпадаються з розривом вуглецевого ланцюга й утворенням суміші насичених і ненасичених вуглеводнів жирного ряду.

У воді жири утворюють *емульсії*, тобто такі дисперсні системи, де жир у вигляді дрібних крапель розподіляється у воді. Якщо емульсія складається тільки з води й жиру, то вона буває нестійкою і швидко розшаровується. Стійкість емульсії підвищується в присутності емульгаторів – речовин, які знижують поверхневий натяг (луги, лужні солі, мила, жовчні кислоти, білки). Зниження поверхневого натягу запобігає злипанню жирових крапель і зберігає стійкість емульсії.

Вміст жирів у клітинах становить від 5 до 15 % сухої речовини, а в клітинах жирової тканини (наприклад, у жировому тілі комах) – до 90 %. Підвищений вміст жирів характерний для нервової тканини, підшкірної клітковини, сальника, молока ссавців тощо. Багато жирів міститься у клітинах плодів і насіння певних видів рослин (соняшнику, волоського горіха, маслини та ін.).

До ліпідів також належать *воски*, що виконують у живому організмі переважно захисну функцію. У ссавців їх виділяють сальні залози, вони

змащують поверхню шкіри, надаючи їй еластичності та зменшуючи зношення волосяного покриву. У птахів воски секретує куприкова залоза. Вони надають пір'яному покриву водовідштовхувальних властивостей. Восковий шар вкриває листя наземних рослин і поверхню зовнішнього скелета членистоногих – жителів суходолу, запобігаючи надлишковому випаровуванню води їхніми організмами.

Інша група ліпідів – *стероїди*. Вони є важливими компонентами вітаміну D, деяких статевих гормонів, гормонів кори надниркових залоз. Стероїдну природу мають і жовчні кислоти – важливі компоненти жовчі.

Одна з найважливіших функцій ліпідів у живих організмах – енергетична. У разі повного окиснення 1 г жирів до вуглекислого газу й води виділяється 38,9 кДж енергії, тобто майже удвічі більше, ніж при повному розщепленні такої самої кількості вуглеводів. До того ж при окисненні 1 г жирів утворюється 1,1 г води. Саме завдяки запасам жиру деякі тварини можуть відносно тривалий час обходитись без води.

Жири застосовуються в миловарінні; висихальні олії (льняна, бавовняна) – для виготовлення оліфи і масляних фарб; у фармацевтичній практиці жири застосовують як основу для приготування мазей, лініментів, для розчинення лікарських речовин, що вводяться підшкірно.

### ***Завдання***

1. Дослідити розчинність жирів у різних розчинниках.
2. Вивчити умови утворення стійких емульсій.

### ***Порядок виконання роботи***

1. Пронумерувати чотири пробірки і додати в них по 0,2 мл соняшникової олії.

2. У пробірку № 1 додати 5 мл дистильованої води, в пробірки № 2, 3 і 4 – відповідно по 5 мл етилового спирту, бензолу і хлороформу.

3. Вміст усіх пробірок енергійно перемішати. У пробірці № 1 спостерігається утворення нестійкої емульсії, швидкий розподіл суміші на два шари; у пробірці № 2 – утворення каламутного розчину внаслідок недостатнього розчинення олії; розчини у пробірках № 3 і 4 майже прозорі.

4. У пробірку № 1 додати 5 мл 20 % розчину соди й інтенсивно перемішати, спостерігаючи утворення стійкої емульсії.

5. Результати дослідів, у яких спостерігаються розчинність жирів в органічних розчинниках, та умов створення стійких емульсій оформити у вигляді табл. 1, зробити висновки.

№ пробірки	Об'єкт дослідження	Реактиви для розчинів	Результати дослідів
1	Соняшникова олія	Вода дистильована; розчин соди	
2		Етиловий спирт	
3		Бензол	
4		Хлороформ	

### **Контрольні питання**

1. Що являють собою ліпіди?
2. Які сполуки належать до ліпідів?
3. Яким чином класифікують ліпіди?
4. Запишіть хімічні формули гліцерину, стеаринової та олеїнової кислот.
5. Яка реакція називається реакцією гідролізу?
5. Які функції виконують ліпіди в живих організмах?
6. У яких клітинах і тканинах відкладається найбільше ліпідів?
7. Яким чином можна підвищити стійкість емульсій?
8. Що спільного у фізико-хімічних властивостях і функціях вуглеводів і ліпідів та чим вони відрізняються?
9. На підставі ступеня розвиненості жирового тіла комах шкідливих видів восени вчені роблять прогнози про можливі спалахи їхньої чисельності навесні. На чому ґрунтуються такі прогнози?

### **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4**

**Тема:** Дослідження продуктів фотосинтезу та умов, необхідних для їх утворення.

**Мета роботи:** Дослідити процес утворення первинного крохмалю; визначити потребу рослин у світлі для здійснення світлової фази фотосинтезу.

**Матеріали й обладнання:** Спиртівка, водяний обігрівач, ножиці, електроплитка, лампи накаливання в 200 – 300 Вт, посуд, біла кахельна плитка, живі рослини (гарбуз *Citrullus L.*, квасоля *Phaseolus L.*, пеларгонія *Pelargonium L.*, примула *Primula L.* та ін.), етиловий спирт, розчин йоду в йодистому калії.

**Фотосинтез** являє собою процес утворення органічних сполук з вуглекислого газу та води внаслідок використання енергії світла й за участю фотосинтетичних пігментів (хлорофіл у рослин, бактеріохлорофіл і бактеріородопсин у бактерій), часто з виділенням кисню як побічного продукту. Це надзвичайно складний процес, що включає тривалу послідовність координованих біохімічних реакцій. Він відбувається у вищих рослинах, водоростях, багатьох бактеріях, деяких археях і найпростіших – організмах,



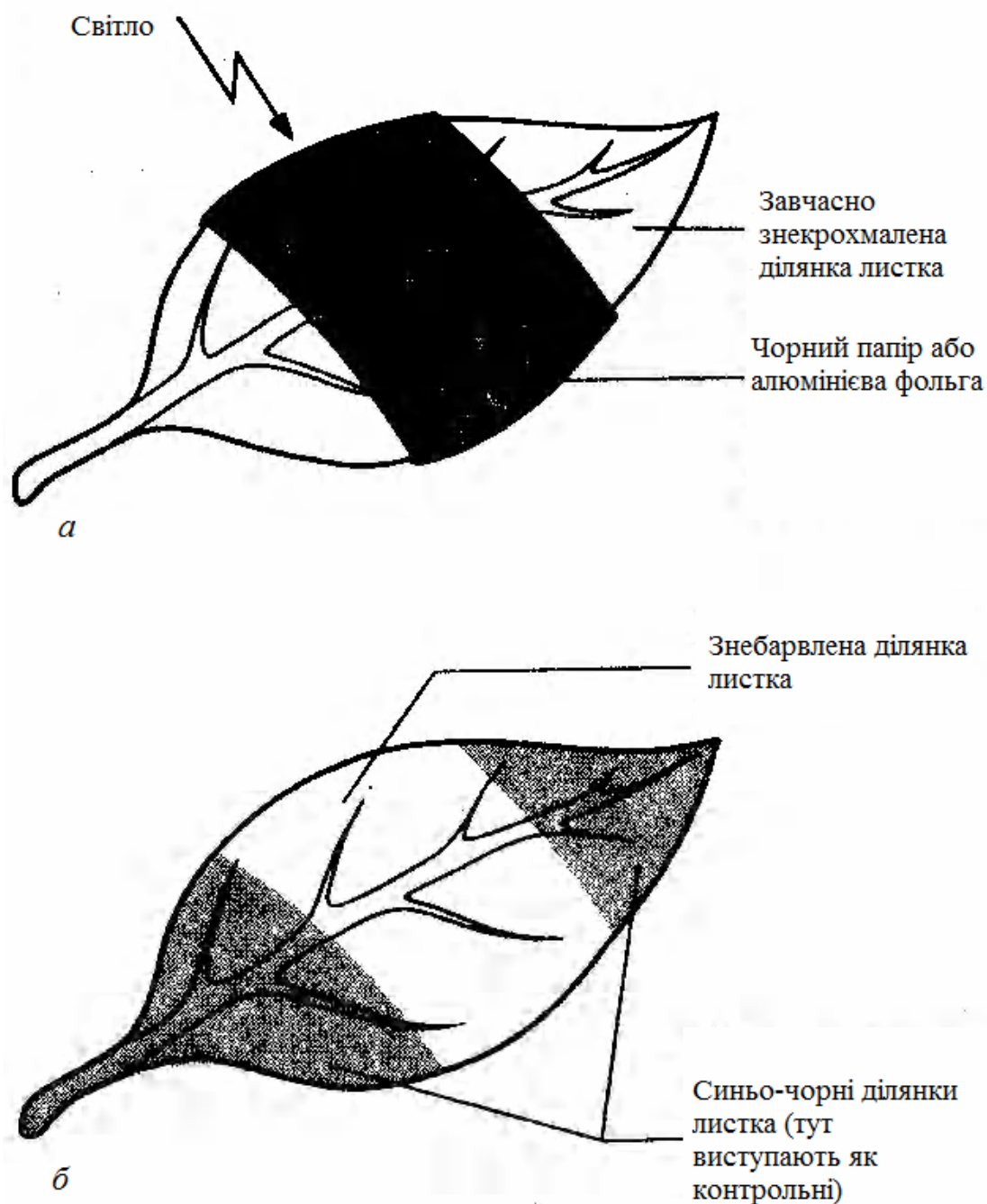


Рис. 1. Процес вивчення необхідності світла для фотосинтезу й утворення в рослинах первинного крохмалю: *a* – вигляд препарату під час досліду; *б* – після застосування проби з  $I_2 / KI$ .

Влітку дослід можна видозмінити, наприклад, захистити кілька листків рослини від світла, надягнувши на них пакетики із чорного світлонепроникного паперу й зробивши на них відповідні вирізи; через дві – три доби, наприкінці сонячного дня, зрізати листки й обробити їх за вже розглянутою схемою. Затемнені місця листків будуть світлими, а піддані освітленню стануть синьо-чорними.

Результати спостережень описати в робочому зошиті.

## **Контрольні питання**

1. Чим відрізняються організми-автотрофи від гетеро- й хемотрофів?
2. Дайте визначення процесу фотосинтезу. Напишіть його загальну хімічну формулу.
3. За яких умов буде відбуватись фотосинтез рослин?
4. Яке значення має фотосинтез для біосфери в цілому?
5. Яку роль відіграє фотосинтез у кругообігу вуглецю?
6. Перерахуйте ті особливості будови листка рослини, завдяки яким він успішно виконує свої фотосинтетичні функції.
7. Чи відрізняються з погляду локалізації процеси, викликані світловою й темновою фазами фотосинтезу?

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5**

**Тема:** Дослідження обмежувальних для фотосинтезу умов. Вивчення процесу виділення кисню внаслідок фотосинтезу.

**Мета роботи:** Вивчити фактори, що впливають на інтенсивність фотосинтезу; дослідити потребу в двоокисі вуглецю та хлорофілі; спостерігати виділення кисню водними рослинами.

**Матеріали й обладнання:** Конічна колба Ерленмейєра на 250 мл, штатив із затискачами до нього, пробірка, скляна воронка, склянка на 400 мл, спиртівка, водяний нагрівач, ножиці, електроплитка, лампи накаливання в 200 – 300 Вт, посуд, біла кахельна плитка, вата, дерев'яна паличка, пластилін, живі рослини із знекромаленим листям (герань або пеларгонія *Pelargonium L.*, примула *Primula L.* та ін.), рослини із плямистим листям (*Chlorophyton*, ряболиста форма плюща *Hedera helix L.*), елодея *Elodea canadensis L.*, етиловий спирт, розчин йоду в йодистому калії, 20 % розчин КОН, 0,5 % розчин  $\text{NaHCO}_3$ , вапняна вода.

Інтенсивність процесу фотосинтезу в рослині залежить від ряду внутрішніх і зовнішніх факторів. Із внутрішніх найбільш важливе значення мають структура листка і вміст у ньому хлорофілу, швидкість накопичення продуктів фотосинтезу в хлоропластах, вплив ферментів, а також наявність малих концентрацій необхідних неорганічних речовин. Зовнішні параметри – це кількість і якість світла, що потрапляє на листя, температура навколишнього середовища, концентрація вуглекислоти й кисню в атмосфері поблизу рослини, а також забруднення атмосферного повітря техногенним озоном, сірчистим газом, сажею та іншими поллютантами.

## **Завдання**

1. Дослідити потребу рослин у двоокисі вуглецю.
2. Провести спостереження ролі хлорофілу в процесі утворення первинного крохмалю.



3. Вивчити процес виділення кисню водними рослинами.

### **Порядок виконання роботи**

Дослід 1. Схему його проведення зображено на рис. 2.

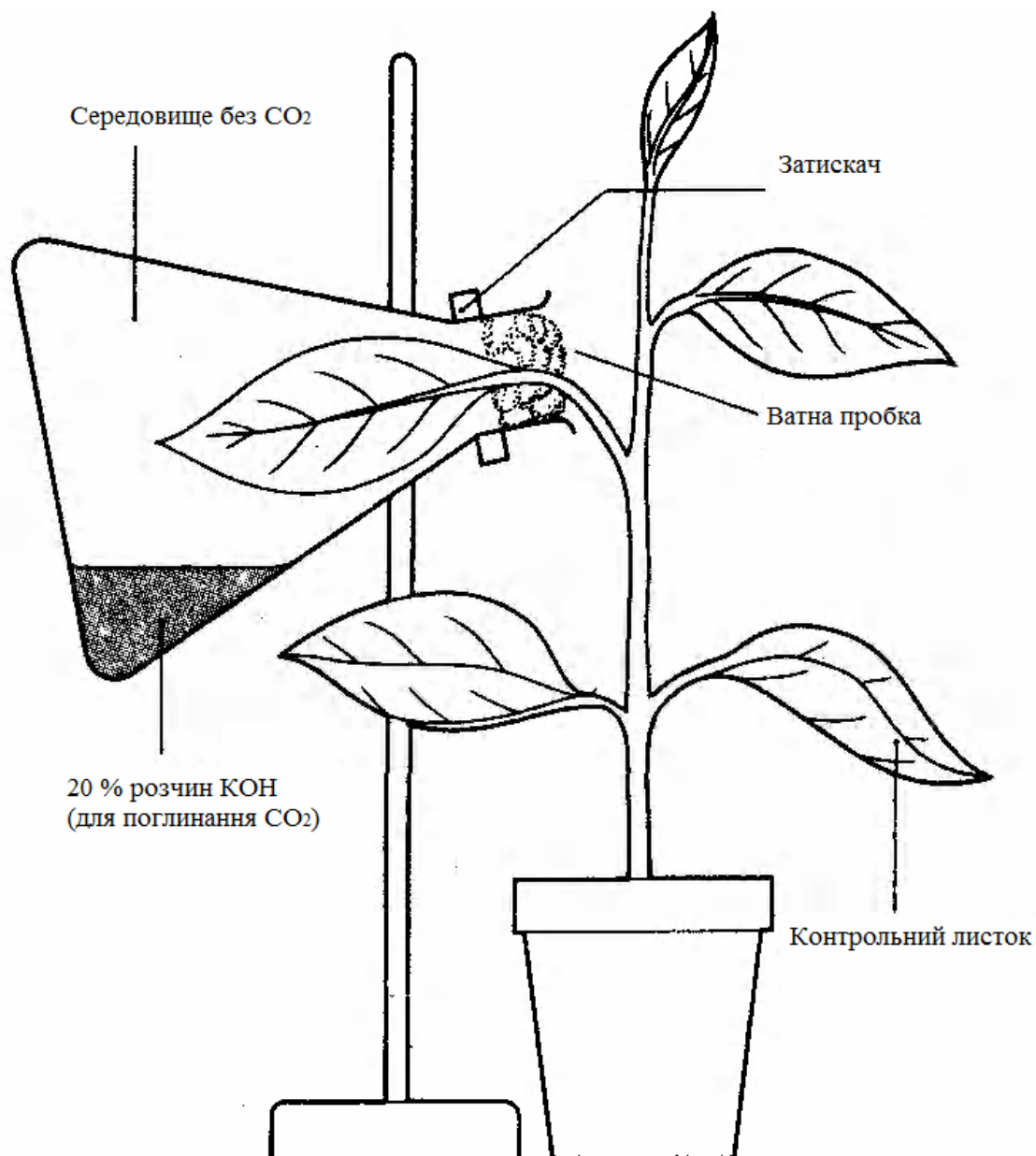


Рис. 2. Схема досліду для вивчення потреби рослин в CO<sub>2</sub>

Листок знекромаленої рослини, витриманої декілька днів у темряві, фіксують за допомогою штативу в колбі Ерленмейера, до якої налито 20 % розчин КОН. Ватну пробку змочують у вапняній воді для поглинання вуглекислого газу.

Рослину виставляють на 2 – 3 години на яскраве світло, а потім визначають наявність крохмалю в листках, призначених для досліду (див. попередню роботу).

*Дослід 2.* Щоб визначити потребу рослин у хлорофілі, використовують їх види із плямистим листям – плющ, герань, хлорофітум та ін. Спочатку схематично замальовують розміщення зелених та незелених (білих) плям на листку, потім проводять крохмальну пробу та порівнюють отримані результати між собою.

*Дослід 3.* Для проведення спостережень за виділенням кисню, отриманого внаслідок фотосинтезу, необхідно водну рослину *Elodea* виставити на яскраве світло і збирати кисень у пробірку, як це показано на рис. 3.

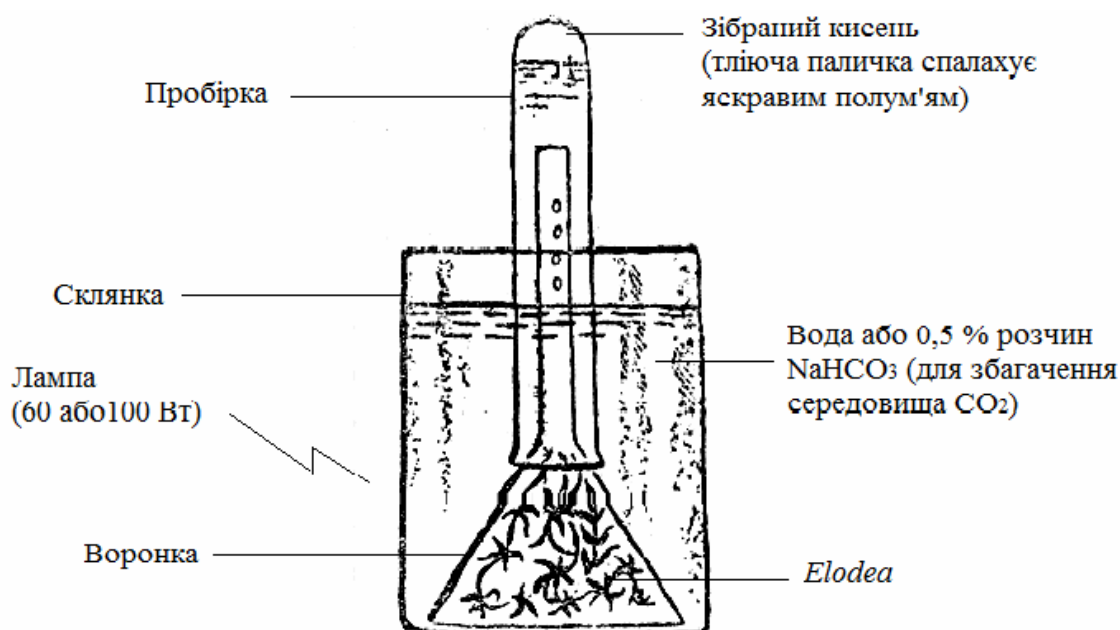


Рис. 3. Схема досліду для вивчення виділення рослиною кисню внаслідок фотосинтезу

Результати спостережень і висновки записати в робочий зошит.

### **Контрольні питання**

1. Які фактори можуть стримувати процес фотосинтезу в рослинах?
2. Як ви розумієте поняття «лімітуючий фактор»?
3. Поясніть, яким чином забруднювачі атмосферного повітря впливають на інтенсивність процесу фотосинтезу в рослинах?
4. Як можуть відрізнитись умови фотосинтезу в теплиці та у відкритому ґрунті?

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

**Тема:** Вивчення молекулярних основ спадковості й мінливості живих організмів (роботу розраховано на два заняття).

**Мета роботи:** Вивчити будову та функції нуклеїнових кислот і механізм виявлення генетичної інформації в клітинах живих організмів.

**Матеріали:** Наочний матеріал у вигляді плакатів, на яких показано будову нуклеїнових кислот і механізм біосинтезу білків, таблиця генетичного коду живих організмів.

*Генетика* – одне з основоположних понять у загальній біології. Це наука про спадковість і мінливість організмів. Під *спадковістю* розуміють властивість організмів передавати свої ознаки й особливості розвитку нащадкам. *Мінливість* означає здатність організмів набувати нових ознак. Генетика вивчає принципи збереження, передачі й реалізації генетичної інформації. Розкриває закони індивідуального розвитку організмів і вірусів, а також виникнення в них нових ознак, виявляє матеріальну основу еволюції життя на Землі. Основи сучасної генетики закладено Г. Менделем, що відкрив закони дискретної спадковості (1865). Як наука генетика набула розвитку з 1900 року після повторного відкриття законів Менделя голландським ученим Г. де Фризом, німецьким – К. Корренсом й австрійським – Е. Чермаком. Велике значення для розвитку цієї науки мали праці американських біологів Т. Моргана, П. Стертеванта, К. Бріджеса, Е. Льюїса, радянських – М.І. Вавилова, Г.А. Надсона, Г.С. Філіппова, О.С. Серебровського, С.С. Четверикова, М.П. Дубиніна, М.Ю. Лобашова, у т. ч. українських – І.Й. Агола, С.М. Гершензона та ін.

Генетичну інформацію більшості живих організмів закодовано в молекулах дезоксирибонуклеїнової кислоти (ДНК). У деяких вірусів спадкову інформацію закодовано в молекулах рибонуклеїнової кислоти (РНК). Нуклеїнові кислоти – це біополімери, мономерами яких є *нуклеотиди*. Нуклеотид складається з трьох частин: азотистої основи, вуглеводного компонента (дезоксирибози чи рибози) та залишку фосфорної кислоти. До складу ДНК входять *азотисті основи: аденін (А), гуанін (Г), цитозин (Ц), тимін (Т)*; в РНК замість тиміну наявний *урацил (У)*.

Згідно з *моделлю Уотсона – Кріка (1953)*, до складу молекули ДНК входить два полінуклеотидних ланцюги, закручених у спіраль один відносно одного (тобто в подвійну спіраль). Азотисті основи різних ланцюгів з'єднуються за допомогою водневих зв'язків певним чином, а саме: аденін з тиміном (два водневих зв'язки), гуанін із цитозином (три водневих зв'язки). Принцип вибіркової взаємодії нуклеотидів називається *принципом комплементарності*. Розмір кожної комплементарної пари вздовж осі спіралі дорівнює 0,34 нм.

Передача спадкової інформації від одного покоління до іншого забезпечується здатністю ДНК до самоподвоєння (реплікації). У спрощеному вигляді реплікація ДНК відбувається таким чином: 1) за допомогою певного

фермента водневі зв'язки між ланцюгами ДНК розриваються; 2) фермент ДНК – полімераза (відповідно до принципу комплементарності) на кожному материнському ланцюгу синтезує дочірні ланцюги; 3) материнський і дочірній полінуклеотидні ланцюги взаємно спіралізуються.

Спосіб реплікації ДНК називається *напівконсервативним*, оскільки в кожній новій молекулі один ланцюг – материнський, а другий – дочірній.

Генетична інформація передається через синтез певних білків, характерних для даного організму.

Ділянку молекули ДНК, яка містить інформацію про первинну структуру певного білка, називають *геном*. У межах гена є ділянки, які несуть інформацію про білок – *екзони*, й неінформативні ділянки – *інтрони*.

Спадкову інформацію зашифровано в молекулах нуклеїнових кислот за допомогою *генетичного коду*.

Сутність коду полягає в тому, що послідовність розміщення амінокислот у білку визначається послідовністю нуклеотидів у ДНК або інформаційної РНК (іРНК). Оскільки в рибосомах поліпептидний ланцюг синтезується відповідно до структури іРНК, то під генетичним кодом, як правило, розуміють код іРНК.

Генетичний код має *триплетну* будову, тобто кожна амінокислота кодується трійкою (триплетом) нуклеотидів або кодоном (табл. 1). Код має 64 триплети, але 3 з них (УАГ, УАА й УГА) не відповідають жодній амінокислоті. Їх називають термінальними або нонсенс-кодонами, вони сигналізують про завершення синтезу поліпептидного ланцюга.

Даний генетичний код є *виродженим*, тому що в ньому всі амінокислоти, крім метіоніну й триптофану, кодуються більше, ніж одним триплетом. Як правило, в кодонах, що визначають одну й ту саму амінокислоту, перші два нуклеотиди однакові, а на третьому місці – різні. Наприклад, амінокислоті гліцину відповідають кодони ГГУ, ГГЦ, ГГА та ГГГ. При розв'язуванні задач звичайно називають перший кодон, який стоїть у генетичному коді.

Кодони в нуклеїнових кислотах не перекриваються, тобто один і той самий нуклеотид не може входити одночасно до складу двох кодонів.

Усі сучасні організми мають один основний генетичний код, що використовується при синтезі білків (це так звана *універсальність* коду).

Реалізація генетичного коду в клітині відбувається шляхом транскрипції, активації амінокислот і трансляції.

*Транскрипція* – це синтез іРНК за матрицею ДНК. Водневі зв'язки між ланцюгами ДНК на певній ділянці розриваються, подвійна спіраль у цьому місці розкручується й за допомогою ферменту РНК – полімерази синтезується молекула іРНК-попередника (про-іРНК). При цьому “перепишуються” й екзони, й інтрони.

Наприклад, в еукаріотів після транскрипції відбувається *сплайсинг* – видалення ділянок про-іРНК, і з'єднання ділянок, які відповідають екзонам, унаслідок чого утворюється зріла іРНК.

Кодони інформаційної РНК, відповідні 20 амінокислотам  
(генетичний код)

Основи кодонів					
Перша	Друга	Третя			
		У	Ц	А	Г
У	У	Фенілаланін	Фенілаланін	Лейцин	Лейцин
	Ц	Серин	Серин	Серин	Серин
	А	Тирозин	Тирозин	Нонсенс	Нонсенс
	Г	Цистеїн	Цистеїн	Нонсенс	Триптофан
Ц	У	Лейцин	Лейцин	Лейцин	Лейцин
	Ц	Пролін	Пролін	Пролін	Пролін
	А	Гістидин	Гістидин	Глутамін	Глутамін
	Г	Аргінін	Аргінін	Аргінін	Аргінін
А	У	Ізолейцин	Ізолейцин	Ізолейцин	Метіонін
	Ц	Треонін	Треонін	Треонін	Треонін
	А	Аспарагін	Аспарагін	Лізін	Лізін
	Г	Серин	Серин	Аргінін	Аргінін
Г	У	Валін	Валін	Валін	Валін
	Ц	Аланін	Аланін	Аланін	Аланін
	А	Аспарагінова кислота	Аспарагінова кислота	Глутамінова кислота	Глутамінова кислота
	Г	Гліцин	Гліцин	Гліцин	Гліцин

*Активация амінокислот* являє собою процес з'єднання збагачених енергією транспортних РНК (тРНК) з амінокислотами. Кожна амінокислота з'єднується з певною тРНК, яка має форму листка конюшини. Амінокислота приєднується до одного кінця тРНК, а на протилежному її кінці розміщено триплет нуклеотидів (він називається *антикодоном*).

*Трансляцією* називають синтез поліпептидного ланцюга на основі матриці іРНК, який передбачає такі етапи:

1) *Ініціація* – початок трансляції.

2) *Елонгація* – продовження трансляції, яка складається з однакових багато раз повторюваних циклів, кожний з яких поділяється на 3 фази:

– на першій у рибосомі міститься одна тРНК з певною кількістю амінокислот, потім надходить друга тРНК з однією амінокислотою;

– на другій – якщо антикодон даної тРНК комплементарний кодонові іРНК, то ланцюг амінокислот переноситься з першої тРНК на другу;

– на третій – рибосома переміщується по іРНК на один триплет, перша при цьому перша тРНК виходить з рибосоми й знову може з'єднатися з амінокислотою.

3) *Термінація* – закінчення трансляції, сигналом чого виступає нонсенс-кодон.

Для розв'язування задач з молекулярної генетики належить використовувати перелічені нижче дані (тут приведено усереднені значення величин):

1. Молекулярна маса нуклеотиду становить 345 г/моль.
2. Молекулярна маса амінокислоти становить 100 г/моль.
3. Відстань між сусідніми нуклеотидами ДНК, розташованими в одному ланцюжку, дорівнює 0,34 нм.
4. Довжина одного повного витка ДНК становить 3,4 нм, тобто на один повний виток припадає 10 нуклеотидів одного ланцюжка ДНК і 10 нуклеотидів другого – разом 20.
5. Правило Чаргаффа:  $A = T$ ;  $G = C$ ;  $A + G = T + C$ , отже,  $A/T = G/C = 1$ .

### ***Завдання до першого заняття***

Використовуючи дані про середні значення молекулярної маси нуклеотидів та амінокислот, відстань між сусідніми нуклеотидами ДНК, розташованими в одному ланцюжку, довжину одного повного витка ДНК, а також правило Чаргаффа (див. вище), разом з відомостями про генетичний код (табл. 1), розв'язати подані нижче задачі з молекулярної генетики.

*Задача 1.* Фрагмент одного з ланцюгів ДНК має таку будову: ААА – ТАГ – ЦГЦ – АТГ – ... Яка послідовність нуклеотидів у другому ланцюзі цієї молекули ДНК? Визначте довжину цієї ділянки ДНК.

*Задача 2.* Фрагмент молекули ДНК містить 20 % аденілових нуклеотидів у їхній загальній кількості нуклеотидів. Усього в цьому фрагменті налічується 700 аденілових нуклеотидів. Визначте: а) кількість у цьому фрагменті гуанілових, цитидилових, тимінових нуклеотидів; б) розмір цього фрагмента.

*Задача 3.* Ділянка молекули ДНК має таку будову: ЦААЦГААГАТТТТЦТ... Визначте первісну структуру поліпептидного ланцюга іРНК.

*Задача 4.* Молекулярна маса білка дорівнює 18000 г/моль. Визначте довжину інформативної частини гена, який кодує цей білок.

*Задача 5.* Визначте кількість мономерів білка, який закодовано в ДНК із молекулярною масою, що дорівнює 144900 г/моль.

*Задача 6.* На одному з ланцюгів ДНК синтезовано іРНК, у якій А становить 14 %, Г – 20 %, У – 40 %, Ц – 26 %. Визначте процентний вміст нуклеотидів у молекулі ДНК.

***Друге заняття*** з вивчення молекулярних основ генетики буде присвячено виконанню самостійної роботи. На початку заняття кожен студент отримає індивідуальний варіант завдання з шістьма задачами та з однією теоретичною темою (одне питання із загального переліку контрольних). Роботу належить оформити на окремому аркуші й здати викладачеві на перевірку.

## **Контрольні питання**

1. Які біологічні явища вивчає генетика?
2. Охарактеризуйте поняття спадковості та мінливості організмів.
3. Дайте загальну характеристику нуклеїнових кислот.
4. Яка речовина являє собою матеріальний носій спадковості?
5. Яку структуру має молекула ДНК?
6. У чому полягає сутність моделі ДНК, яку розробили Д. Уотсон і Ф. Крік?
7. Що являє собою принцип комплементарності в переданні спадкової інформації?
8. Що являє собою редуплікація (реплікація) ДНК?
9. Поясніть явище репарації ДНК.
10. Розрізніть ДНК й РНК за структурою та функціями.
11. Охарактеризуйте основні типи РНК.
12. Яким чином може впливати мутагенний фактор на структуру ДНК?
13. Що являє собою генетичний код?
14. Висвітліть основні властивості генетичного коду.
15. У чому полягає сутність синтезу білка в клітинах живих організмів?

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7**

**Тема:** Статистичні закономірності модифікаційної мінливості організмів (роботу розраховано на два заняття).

**Тема першого заняття:** Модифікаційна мінливість організмів, норма реакції ознак; керування домінуванням ознак.

**Тема другого заняття:** Вивчення статистичних закономірностей модифікаційної мінливості організмів на фактичному матеріалі.

**Мета роботи:** Ознайомитись із статистичним методом біологічного дослідження й закономірностями модифікаційної мінливості організмів.

**Матеріали й обладнання:** Лінійка, циркуль; біологічний матеріал: листки дуба, жовтої акації, горобини, лавровишні, колоски пшениці, насіння квасолі.

*Модифікаційна мінливість* організмів – це масове явище, коли зміни стосуються не одного організму, а групи. Усю групу об'єктів, яка підлягає вивченню, називають *генеральною сукупністю*. Зрозуміло, що вивчити її у повному обсязі дуже складно і навіть практично неможливо. Тому досліджують частину особин, так звану *вибіркову сукупність*, за якою дають загальну характеристику (це *вибірковий метод*). Вибірка має формуватись з однорідного матеріалу і довільно, тобто так, щоб вона відображала генеральну сукупність. Модифікаційна мінливість організмів залежно від характеру варіативної ознаки буває *якісна* й *кількісна*. При *якісній* мінливості різниця між об'єктами виражена якісним показником, що в одних об'єктів наявний, а в інших – ні, наприклад, пилкові зерна рослини можуть бути життєздатними (фертильними) і

нежиттєздатними (стерильними); рослини, уражені якоюсь хворобою й неурражені та ін. Кількість об'єктів – носіїв певної якісної ознаки, звичайно виражають у процентах від загальної кількості вибіркової сукупності.

*Кількісна* мінливість характеризується різною мірою вираженості ознаки. Вона поділяється на *перервну* (дискретну) і *неперервну*. У першому випадку ознаки виражаються в цілих абстрактних числах, між якими немає переходів (кількість листків на рослині, кількість зернівок у колоску і т. д.). У другому – варіативна ознака визначається шляхом вимірювання певних параметрів, між якими можливі будь-які переходи (маса, довжина тощо). Об'єктивну характеристику кількісної мінливості можна дати лише при використанні статистичного методу дослідження, тобто побудови *варіаційного ряду* й обчислення його параметрів.

Окрему величину змінної ознаки в статистиці прийнято називати *варіантою* (її позначають як  $V$ ). Число, яке означає, скільки разів повторюється варіанта, називається частотою її появи –  $p$ . Сума всіх частот дорівнює кількості об'єктів у ряду і позначається через  $n$ .

Основними показниками ряду варіативної ознаки виступають середнє арифметичне  $M$  і середнє квадратичне відхилення  $\sigma$ . Середнє арифметичне число дає загальне уявлення про групу об'єктів, але воно не розкриває ступеня варіювання досліджуваної ознаки. Середні арифметичні значення можуть бути однаковими для двох груп об'єктів навіть тоді, коли між ними має місце істотна різниця. Наприклад, середнє арифметичне число зернівок у колоску сорту А становить 33,5, а сорту В теж 33,5. Перше значення отримали з варіативного ряду в кількості зернівок від 29 до 39, а друге – за даними, що мали варіювання від 25 до 45. Для характеристики варіювання сукупності об'єктів, за якими обчислювалось середнє арифметичне, використовується другий показник – середнє квадратичне відхилення. Цю величину визначають таким чином:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum p(V - M)^2}{n}},$$

де  $\sigma$  – квадратичне відхилення;  $p$  – частота появи варіанти;  $(V - M)$  – відхилення варіанти від середнього арифметичного значення;  $(V - M)^2$  – квадрат відхилення;  $\sum p(V - M)^2$  – сума добутків частот, помножених на квадрати відхилень;  $n$  – кількість об'єктів.

Будь-яка ознака при варіюванні практично відхиляється від середньої арифметичної величини в основному не більше, ніж на  $3\sigma$ . Таким чином, потрібне значення квадратичного відхилення прийнято вважати крайньою похибкою окремого спостереження. Шестикратне значення сигми (від  $-3\sigma$  до  $+3\sigma$ ) відображає амплітуду коливання варіативної ознаки. За цими двома основними показниками ( $M$  і  $\sigma$ ) обчислюють інші статистичні величини – коефіцієнт варіації та похибку середнього арифметичного значення.

Як відомо, модифікаційна мінливість – явище масове. Якщо фенотипічна характеристика генотипу однієї особини має випадковий характер і залежить



від конкретних умов середовища, то варіативні ознаки в сукупності об'єктів виявляють певну статистичну закономірність, характерну для багатьох випадкових явищ. Цю закономірність називають *нормальним розподілом*. Нормальність розподілу свідчить, що така закономірність у природі трапляється дуже часто.

Відповідно до нормального розподілу середня величина ознаки має місце найчастіше. Чим ближче величина варіанти підходить до середнього значення ряду, тим частіше вона трапляється, тобто існує більша ймовірність її виникнення. У міру відхилення від середнього значення варіант в той чи інший бік, ймовірність їхньої появи стає меншою. Отже, варіанти розподіляються по обидва боки від середнього арифметичного значення, як правило, симетрично (рис. 4).

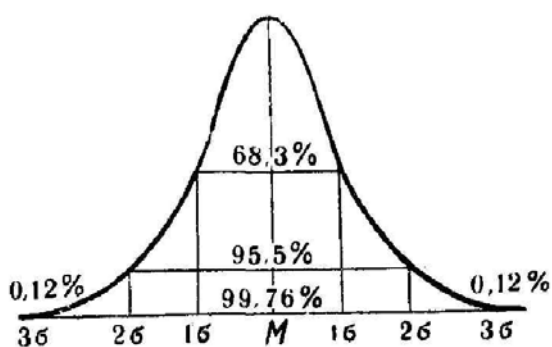


Рис. 4. Нормальний розподіл імовірностей появи варіант ознаки організму (норма реакції ознаки)

### **Завдання**

1. Засвоїти статистичний метод дослідження біологічних об'єктів і наочно переконатися в закономірностях їхньої модифікаційної мінливості, накресливши варіаційну криву й обчисливши середню арифметичну величину варіювання ознак.

### **Порядок виконання роботи**

1. Порівняти кілька (3 – 5) рослин одного виду (злаки, насіння квасолі, листки дуба, акації, горобини, лавровишні тощо) за фенотипом (зовнішній вигляд, розміри). Знайти характерні видові ознаки в різних представників рослин. Пояснити це явище.

2. Виявити відмінності в будові різних представників рослин одного виду.

3. Пояснити причини, які зумовили ці розбіжності.

4. Вибрати не менш як 100 рослин одного виду (або їхніх частин) за певними ознаками (наприклад, кількість темних плям на білих насінинах квасолі, довжина листків лавровишні, кількість лопатей у листків дуба, кількість простих листочків у складному листку акації та горобини).

5. Підрахувати кількість обраних показників (наприклад, довжини листків) у кожній з рослин і занести одержані дані в табл. 2, де відзначити частоту появи кожного з числових значень цих показників *p*.

6. Розрахувати середню величину ознаки та її квадратичне відхилення.

7. Побудувати на підставі одержаних результатів варіаційний ряд і варіаційну криву, для чого на осі абсцис відкласти значення варіант, а на осі ординат – частоту появи тих чи інших певних числових (кількісних) показників певної ознаки.

Таблиця 2

**Варіаційний ряд мінливості ознаки рослини (довжини листка)**

Довжина, мм									
Кількість ( <i>p</i> )									

Таким чином, необхідно зауважити, що відхилення в ознаках рослин виникають під дією зовнішніх умов. Вони перебувають у межах нормальної реакції організму на подразники. Розмах варіювання ознак залежить від генотипу організму та умов зовнішнього середовища. Отже, чим одноманітніші умови розвитку, тим менше змінюється ознака, а варіаційний ряд буде коротшим. Чим різноманітніші умови середовища, тим ширшою буде модифікаційна мінливість організмів.

Підбиваючи підсумки проведеного дослідження, роблять висновок про взаємозв'язок випадкових факторів у фенотипічній характеристиці генотипу різних об'єктів.

**Контрольні питання**

1. Що являє собою модифікаційна мінливість організмів і чому вона ними не успадковується?
2. Чим генеральна сукупність об'єктів біологічного дослідження відрізняється від вибіркової?
3. Яким чином можна виразити кількісну мінливість певної ознаки організму?
4. Дайте визначення статистичних понять варіаційного ряду й варіанти.
5. Яким чином норма реакції організму на зовнішні подразники регулює появу його нових ознак?
6. Чим відрізняється генотип організму від фенотипу?

**ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8**

**Тема: Дослідження палеонтологічних об'єктів.**

Ця робота розрахована на два заняття. Перше заняття має на меті ознайомлення з предметом і методами палеонтології, а також вивчення геохронологічної шкали, оволодіння методами палеонтологічного аналізу викопних решток організмів; друге заняття проводиться на базі геолого-мінералогічного музею Державного ВНЗ «НГУ».

**Мета роботи:** Набуття навичок первинного опрацювання палеонтологічного матеріалу з використанням зразків викопних решток організмів; ознайомлення з методами й прикладними завданнями палеонтології; вивчення палеонтологічних зразків викопних тварин і рослин.

**Матеріали й обладнання:** колекція палеонтологічних зразків, що зберігаються на кафедрі екології ДВНЗ «НГУ», палеонтологічна колекція геолого-мінералогічного музею, лупи, мікроскопи, палеонтологічні визначники, ілюстративний матеріал.

*Палеонтологія* (грец. *palaios* – давній; *ontos* – істота; *logos* – поняття, навчання) – наука, яка вивчає організми минулих геологічних епох.

Палеонтологи намагаються реконструювати за знайденими рештками організмів їхній зовнішній вигляд, біологічні особливості, способи живлення, розмноження і под., а також відновити на основі цих відомостей хід біологічної еволюції. У палеонтології досліджуються не тільки останки власне тварин і рослин, але також їх скам'янілі сліди, відпадні оболонки та інші свідчення їх існування. У палеонтологічних дослідженнях використовуються методи палеоекології і палеокліматології з метою відтворення середовища життєдіяльності організмів минулих часів. На основі вивчення викопних залишків живих організмів минулих епох визначають вік гірських порід, які їх містять, та виділяють геохронологічні одиниці (табл. 3).

Таблиця 3

Спрощена геохронологічна шкала

Ера	Тривалість, млн років	Період	Тривалість, млн років
Кайнозойська (ера нового життя)	67	Антропоген	1,5 – 2
		Неоген	25
		Палеоген	41
Мезозойська (ера середнього життя)	173	Крейдовий	70
		Юрський	58
		Тріасовий	45
Палеозойська (ера давнього життя)	330	Пермський	45
		Кам'яновугільний	55 – 75
		Девонський	50 – 70
		Силурійський	30
		Ордовицький	60
Кембрійський	70 – 80		
Протерозойська (ера раннього життя)	2000		
Архейська (найдавніша ера)	900 – 1800		

Викопні рештки організмів, скам'янілості, називають *фосиліями* (від лат. *fossilis* – викопний). Фосилії – це залишки об'єктів колишніх геологічних епох, виявлені при розкопках або такі, що оголилися внаслідок ерозії земної поверхні. Досить часто таким чином зберігаються тільки тверді частини тіла тварини – зуби, кістки, черепашки. М'які тканини найчастіше розкладаються. Але коли від самого організму нічого не залишилося, іноді можна виявити заглиблення в камені, що точно відповідає формі його тіла. Скам'янілості надають важливу інформацію про епоху, в якій вони утворилися, наприклад, про тварин і рослин тих часів. Вони також дозволяють приблизно визначити час набуття ними законсервованого вигляду. Фосилізація – процес переходу похованих решток організмів у викопний стан, коли спостерігається збереження твердих частин організмів (кісток, черепашок) і заміщення втрачених тканин мінеральними новоутвореннями.

Виділяють чотири послідовні категорії скам'янілостей у порядку зменшення повноти збереження: *субфосилії*, *еуфосилії*, *іхнофосилії*, *хемофосилії*. *Субфосилії* демонструють повне збереження організму (скелет + м'яке тіло), наприклад, це муміфіковані трупи мамонтів і носорогів у мерзлотному ґрунті. *Еуфосилії* – добре збережені скам'янілості, серед яких можуть бути скелети, окремі кістки, черепашки або їхні чіткі відбитки. *Іхнофосилії* – сліди життєдіяльності, серед яких сліди повзання, ходіння, свердління, нори, екскременти і таке інше. *Хемофосилії* – хімічні викопні рештки організмів, що складаються з органічних молекул тваринного й рослинного походження.

Для визначення відносного віку шарів осадових порід необхідно зіставити збережені в них викопні організми. Це можна зробити завдяки палеонтологічному методу, запропонованому геологом У. Смітом наприкінці XVIII ст. Серед викопних організмів, якими характеризується кожна епоха, можна виокремити певний комплекс найбільш поширених видів, які отримали назву *керуючих форм*.

Фундатором палеонтології є французький зоолог Жорж Кюв'є (1769 – 1832), автор чотиритомної праці «Дослідження викопних кісток» (1812). За теорією катастроф Кюв'є послідовна зміна біологічних форм у земних пластах пояснюється наслідками природних катаклізмів, які неодноразово повністю знищували всю існуючу біоту. Після катастроф, на думку вченого, траплялись повторні акти божественних творінь. Визначний англійський геолог Чарлз Лайєль (1797 – 1875) заперечував теорію залучення надприродних сил до пояснення природних явищ. У книзі «Основи геології» (1832) Лайєль запроваджує принцип актуалізму, який ґрунтується на тезі: «Вивчення сучасного є ключем до пізнання минулого», тобто для пояснення подій минулої геологічної історії Землі потрібні знання сутності процесів, які в ній відбуваються сьогодні.

Найбільш поширеними є такі викопні форми вимерлих тварин як амоніти (двох сімейств *Deshayesitidae* й *Parahoplitidae*), белемніти (*Belemnitida*), трилобіти (*Trilobita*), зображені на рис. 5.

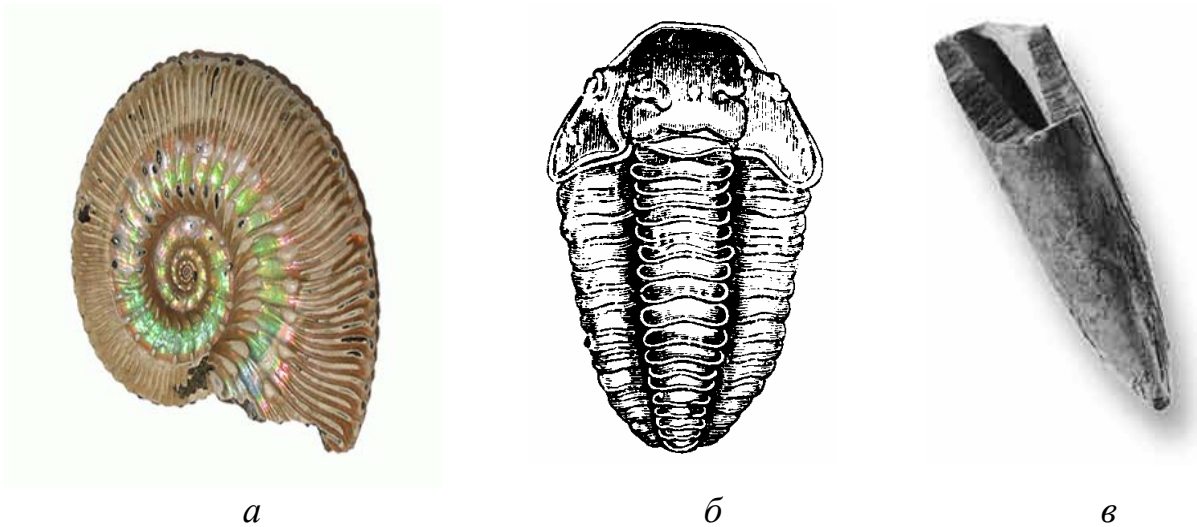


Рис. 5. Деякі викопні рештки вимерлих організмів: *а* – амоніт, *б* – трилобіт, *в* – белемніт

***Завдання до першого заняття на базі кафедри екології ДВНЗ «НГУ»***

1. Ознайомитись з предметом, об'єктами й методами палеонтології, формами збереженості викопних решток, геохронологічною шкалою.
2. Вивчити правила палеонтологічної номенклатури, принципи класифікаційного визначення палеонтологічних об'єктів.
3. Проаналізувати й описати зразки викопних решток організмів, дослідивши їх за допомогою лупи, мікроскопа, визначників.
4. Вивчити морфологію об'єктів, приділяючи увагу діагностично значущим та екологічно інформативним ознакам.
5. Замалювати аналізовані палеонтологічні зразки, підписати їх відповідно до результатів досліджень.

***Завдання до другого заняття на базі геолого-мінералогічного музею ДВНЗ «НГУ»***

1. Прослухати екскурсійну лекцію за участю співробітників музею на тему: «Палеонтологічні об'єкти геолого-мінералогічного музею НГУ», де основна увага буде приділятися розвитку життя на різних етапах біологічної еволюції, а також методам підготовки палеонтологічних зразків до зберігання в колекції і для музейного експонування.
2. Під час екскурсії самостійно обрати п'ять – сім палеонтологічних експонатів з колекції музею, замалювати їх у зошит.
3. За допомогою спеціальної літератури і ресурсів мережі Інтернет подати в зошиті довідкову інформацію про окремі палеонтологічні об'єкти, що були замальовані й підписані в геолого-мінералогічному музеї.

### ***Контрольні питання***

1. Яким чином палеонтологічні дослідження доповнюють учення про еволюцію життя?
2. За якими принципами складається геохронологічна шкала? Назвіть у правильному порядку геологічні ери та періоди.
3. Як можна пояснити факти масового вимирання різних форм життя в історії Землі?
4. Яким чином використовуються скам'янілості для індикації кліматичних умов, що існували на землі в минулому?
5. Як відбувається процес фосилізації залишків організмів?
6. Визначте, які бувають форми збереження скам'янілостей.
7. Чим принципово відрізняється теорія катастроф Кюв'є від теорії актуалізму Лайєля?

### **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 9**

***Тема:* Аналіз факторів еволюції та форм природного відбору біологічних видів.**

***Мета роботи:*** Вивчення ознак різних форм природного відбору; визначення основних причин мінливості організмів, що зумовлюють їхню адаптацію до змінних умов довкілля унаслідок природного відбору.

***Матеріал:*** Ілюстрації (фотографії, плакати), що підтверджують адаптацію рослин і тварин до умов навколишнього середовища, схеми форм природного відбору.

*Еволюція* – це природний процес розвитку живої природи, що супроводжується зміною генетичного складу популяцій, формуванням їх адаптаційних ознак, видоутворенням і вимиранням видів, перетворенням екосистем і біосфери в цілому.

Визначний британський учений Ч. Дарвін виділив такі основні фактори еволюції:

– Спадкова мінливість – зміни, які виникають у кожному організмі незалежно від зовнішнього середовища і передаються нащадкам.

– Боротьба за існування – сукупність взаємин між особинами та факторами навколишнього середовища; при цьому існує три форми боротьби за існування: внутрішньовидова, міжвидова й боротьба з несприятливими чинниками довкілля.

– Природний відбір – виживання більш пристосованих особин і загибель менш пристосованих.

– Ізоляція – процес виникнення будь-яких бар'єрів, що порушують вільне схрещування та потік генів. Ізоляція є елементарним еволюційним фактором, який діє на мікроеволюційному рівні та приводить до видоутворення.

Залежно від природи ізолюючих бар'єрів виділяють два способи ізоляції: географічна та репродуктивна

Двома основним механізмами еволюції є *природний відбір* та *дрейф генів*. *Природний відбір* – це процес, протягом якого в організмі переважають гени, які покращують виживання та розмноження усього біологічного виду. *Дрейф генів* відображає процес випадкових змін частоти появи алелей, що зумовлено певною випадковістю відбору генів одного покоління під час розмноження. Співвідношення між впливом природного відбору й дрейфу генів у популяції змінюється залежно від сили відбору та *ефективного обсягу популяції* (тобто кількості особин, здатних до розмноження). Природний відбір зазвичай відіграє більш важливу роль у великих популяціях, а дрейф генів переважає у малих. Перевага дрейфу генів у малих популяціях може навіть призводити до фіксації шкідливих мутацій. Як результат, зміна чисельності популяції може значно змінювати хід еволюції певного біологічного виду.

Завдяки *природному відбору* позитивні спадкові характеристики стають більш загальними в наступних поколіннях популяції організмів, які розмножуються, а негативні спадкові характеристики стають менш загальними. Природний відбір діє на фенотип, або зовнішні характеристики організму, таким чином, що індивідууми із сприятливими фенотипами ймовірніше виживуть і розмножаться, ніж індивідууми з менш сприятливими фенотипами. Якщо такий фенотип має генетичну основу, тоді генотип, пов'язаний із сприятливим фенотипом, стане більш поширеним у наступному поколінні певного біологічного виду. Через певний час такий процес може сформувати адаптацію організмів до певної екологічної ніші, а зрештою зумовити виникнення нових біологічних видів.

Згідно з умовами навколишнього середовища, природний відбір розвивається трьома основними шляхами: стабілізувальним, рушійним і дизруптивним.

*Стабілізувальний відбір* передбачає знешкодження мутацій за допомогою відбору, удосконалення генотипу при сталому фенотипі й утворення резерву знешкоджених мутацій. Стабілізувальний відбір можливий тільки в незмінних умовах навколишнього середовища. Унаслідок такого відбору переважають організми із середніми величинами норми реакції організмів на фактори оточення, що притаманні всьому біологічному виду.

*Рушійний відбір* означає розкриття резерву та дію знешкоджених мутацій, формування нових варіантів генотипу та фенотипу, що зумовлює зміну величин норми реакції організмів на зовнішні подразнення. Такий відбір спостерігається в умовах середовищ, які змінюються повільно й у певному напрямі, а набуті внаслідок нього характеристики дозволяють організмам добре пристосуватись до згаданих умов.

*Дизруптивний відбір* являє собою розкриття й використання резерву знешкоджених мутацій, що зумовлює максимальні величини норми реакції організмів на оточення, тобто виникнення поліморфізму. Дизруптивний відбір формує здатність до виживання таких організмів у сучасних умовах навколишнього середовища.

## Завдання

1. Вивчити принцип дії різних форм природного відбору; визначити роль мінливості організмів та боротьби за існування в утворенні нових біологічних видів і популяцій.

### Порядок виконання роботи

1. Розглянути схему дії основних трьох форм природного відбору (рис. 6). Охарактеризувати їх.

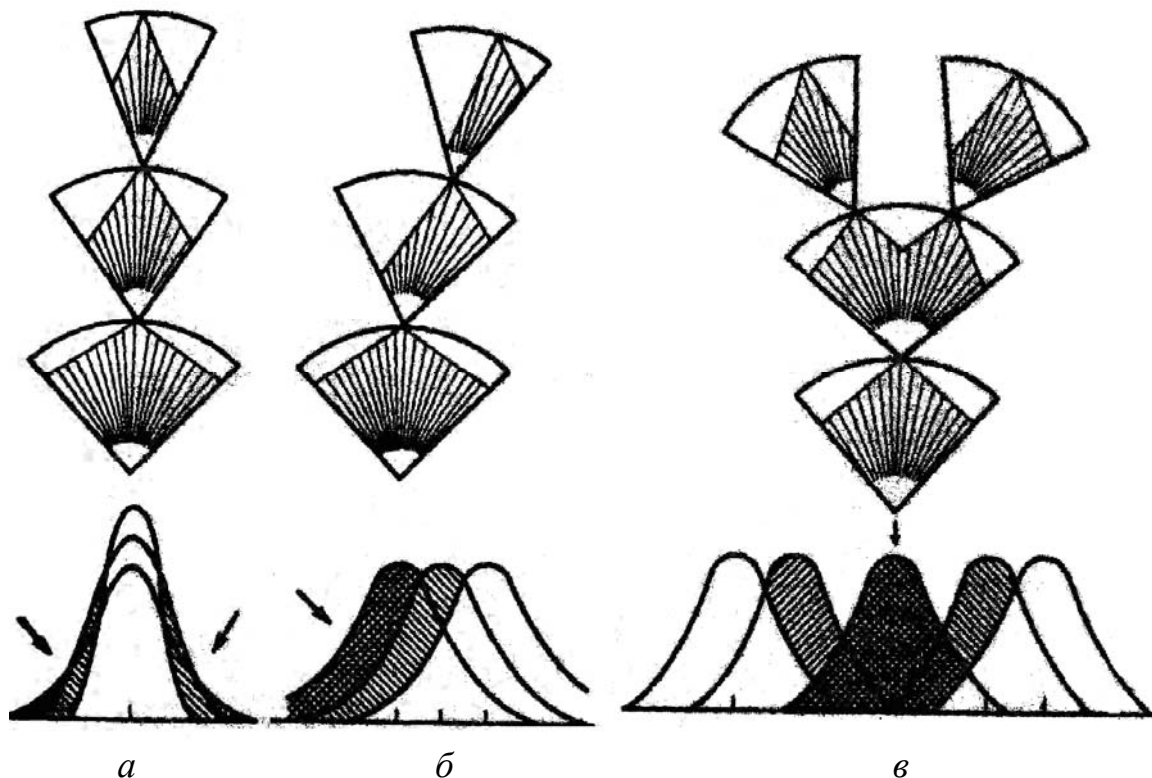


Рис. 6. Схеми дії різних форм природного відбору: *а* – стабілізуючого, *б* – рушійного, *в* – дизруптивного (темним заштриховано частину популяції, приреченої на загибель)

2. Визначити, які з описаних форм відбору можуть зумовлювати: а) мінливість виду; б) незмінність виду; в) утворення різновидів? Заповніть табл. 4:

Таблиця 4

Форми природного відбору

Параметри для порівняння	Стабілізуючий	Рушійний	Дизруптивний
1. Умови середовища			
2. Характер генотипу			
3. Характер фенотипу			
4. Ступінь поширеності мутацій			



5. Спрямованість відбору			
6. Результат відбору			
7. Значення для еволюційного процесу			
8. Приклади			

3. Розглянути рис. 7 – 9. Унаслідок якої мінливості могли з'явитися зображені на рисунках форми рослин і тварин? Які форми боротьби за існування в даних випадках мають місце? Визначте форму природного відбору в кожному випадку.



Рис. 7. Арктична флора біля краю льодовика: *а* – карликова береза; *б* – карликова верба

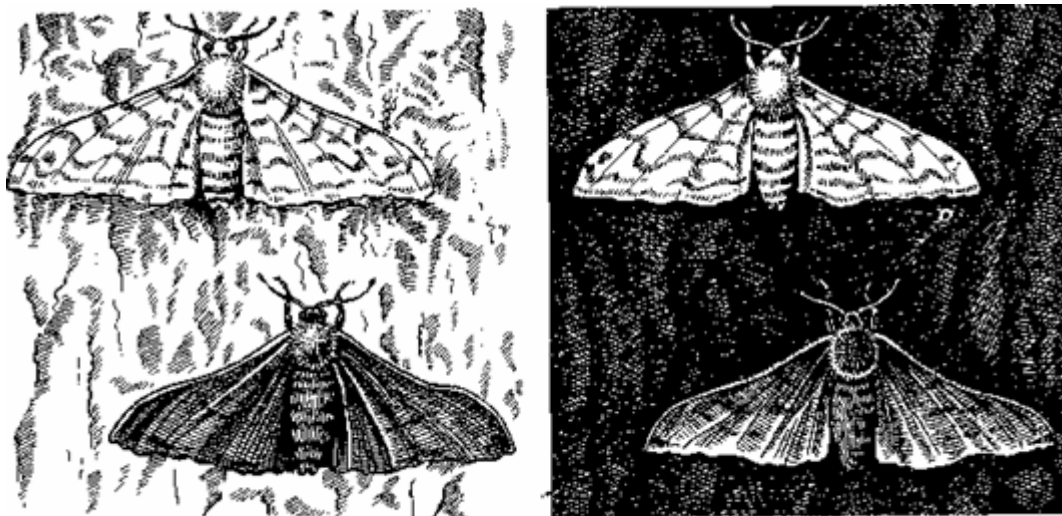


Рис. 8. Світле й темне забарвлення метелика березового п'ядуна

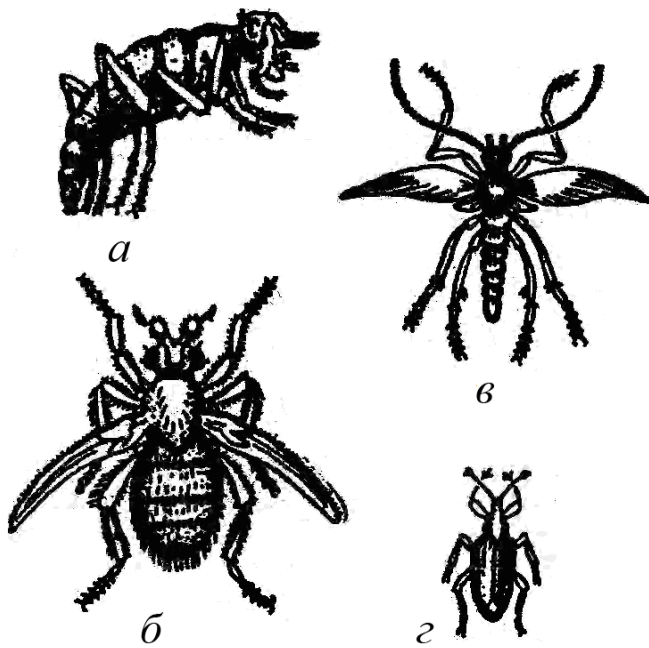


Рис. 9. Комахи з Каргелезьких островів (живуть в умовах постійних сильних вітрів): *а* – безкрила муха, *б* – муха з рудиментарними крильми, *в* – метелик з рудиментарними крильми, *г* – жук

4. Порівняйте дію природного й штучного відбору (табл. 5). Дайте пояснення.

Таблиця 5

Особливості дії природного й штучного відбору

Ознака	Штучний відбір	Природний відбір
Джерело еволюції	Спадкова мінливість	Спадкова мінливість
Процес еволюції, зумовлений впливом	Спеціально створених умов	Природних процесів
Відбір спадкових змін	Здійснює людина	Відбувається внаслідок вимирання форм, які не відповідають умовам середовища існування
Зберігаються форми, які мають зміни	Переважно корисні для людини, але ці зміни можуть бути шкідливими для самих організмів	Корисні виключно для самих організмів
Форми, які мають менш корисні зміни	Вибраковуються людиною	Вимирають унаслідок невідповідності змінам умов середовища існування
Вживають організми, що пристосовані	До потреб людини	До умов середовища існування

Безперервний процес відбору зумовлює	Накопичення змін, пристосованих до потреб людини, та змін, що корелятивно з ними пов'язані, до глибокої перебудови органічної форми, створення нових сортів і порід організмів	Накопичення змін, викликаних адаптацією до середовища існування та способу життя організму і змін, що корелюють з ними; глибока перебудова органічної форми, виникнення нових видів організмів і т. д.
--------------------------------------	--	--

### **Контрольні питання**

1. Порівняйте форми відбору і зазначте, у чому полягає подібність і розбіжності між ними.
2. Наведіть приклади різних форм відбору в природі.
3. Чи справедливе твердження, що в мінливих умовах середовища діє тільки рушійний відбір, а в незмінних – тільки стабілізувальний?
4. У яких випадках відбір зумовлює зниження генетичної мінливості популяцій, а в яких – її підвищення?

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 10**

**Тема:** Встановлення класифікаційних параметрів рослин за допомогою бібліографічних та електронних визначників (роботу розраховано на два заняття).

**Мета роботи:** опанування навичок встановлення повної наукової назви, місця в класифікації та основних характеристик досліджуваної рослини за допомогою спеціальних бібліографічних та електронних визначників; оволодіння методикою використання останніх, зокрема, електронним визначником on-line «Плантаріум» [<http://www.plantarium.ru/>].

**Матеріали:** Гербарій, книги-визначники, атласи рослин, фотографії або малюнки рослин, електронні визначники, лупи.

Виявити класифікаційні характеристики рослини – це означає дізнатись, до якого класу, порядку родини, роду, виду вона належить. Для цього використовують спеціальні книги – визначники.

Робота з визначником вимагає спеціальних знань морфології рослин. Більшість таких довідників побудовано за дихотомічним принципом, коли характерні ознаки рослинних видів згруповано в несумісні пари: теза – антитеза, тому з двох варіантів підходить тільки один. Цей варіант відсилає нас до наступної пари ознак, де знову треба зробити вибір. І так триває до тих пір, поки чергова пара не приведе нас до назви виду.

Наведемо приклад визначення деяких видів роду клен (*Acer*) за дихотомічним принципом:

1. (Теза) Листя складне, з 3 – 7 листочків. Квіти одностатеві. Рослина дводомна – *Acer negundo*, клен ясенolistий, або американський.

0. (Антитеза) Листя просте, пальчасте, лопатеве або цілісне (див. 2).

2. Листя трилопатеве, або цілісне, пальчасте, загострене. Плоди з червоними крилами – *Acer tataricum*, клен татарський, або чорноклен.

0. Листя п'яти-"семипальчато-лопатеве (див. 3).

3. Листки голі, їх лопаті загострені, великозубчасті. Пелюстки жовтуватозелені – *Acer platanoides*, клен звичайний, або гостролистий.

0. Листя знизу волосисте, його лопаті тупі. Пелюстки квіток зеленуваті – *Acer campestre*, клен польовий.

У деяких сучасних визначниках аналіз і місце рослин у класифікації виконують за допомогою кодових таблиць. Кожну характеристику (зовнішню ознаку) шифрують цифрою-кодом. Наприклад, ознака квіти «білі» має код 11, а плід «стручок» – код 32. Група ознак, записана у вигляді коду, називається цифровою моделлю роду рослин. Так, цифрова модель роду конюшини являє собою таку послідовність: 6, 9, 25, 36, 64.

Наведемо приклад класифікаційного визначення анемони жовтецевої за кодовим принципом (табл. 6).

Наприклад, маємо таку цифрову модель аналізованої рослини: 1, 9, 14, 22, 27. Знаходимо її серед цифрових моделей у відповідній таблиці. З'ясовується, що рослина належить до роду анемона. Тут же зазначено сторінку, де можна знайти опис виду, його зображення. Ознайомившись з цими даними, переконуємось у тому, що всі ознаки даної рослини відповідають опису анемони жовтецевої.

Таблиця 6

Класифікаційне визначення анемони жовтецевої за кодовим принципом

Ознака будови рослини	Код
Листорозміщення кільчасте	1
Листки трійчасті	9
Квітки жовті	14
Тичинок більше п'яти	22
Квітки верхівкові, одиничні	27

У будь-якому визначнику, крім основних зовнішніх діагностичних параметрів/характеристик, подається додаткова інформація про вид – біологічні та екологічні особливості, географічне поширення, місце зростання, природоохоронний статус, господарське, декоративне, харчове, медичне значення та ін. У визначниках розміщуються також малюнки чи фотографії видів і карти їх ареалів.

Наукову назву рослин у визначниках традиційно подають латинською мовою, яка для ботаніків є міжнародною. Назва виду складається з двох слів: перше – це родове позначення, а друге (разом з першим) – видове. Літера (або

літери) після латинської назви виду означають першу літеру прізвища (або скорочене прізвище) ботаніка, який його описав. Так, латаття біле (*Nymphaea alba L.*) уперше описав Лінней, і тому після латинської назви стоїть літера *L.*

Унаслідок активного розвитку інформаційних технологій у мережі Інтернет з'являються спеціалізовані сайти визначників рослин, що працюють у режимі online. Прикладом такого визначника є інтернет-ресурс «Плантаріум», побудований за дихотомічним принципом класифікації рослинних видів. Користуючись цими засобами, можна аналізувати рослини без спеціальної літератури на паперових носіях, тим більше, що бази даних цих ресурсів постійно оновлюються, вони передбачають доступ до інших джерел інформації, мають багато якісних фотографічних зображень рослин.

### ***Завдання до першого заняття***

1. Вивчити загальні принципи систематики організмів і правила бінарної номенклатури біологічного виду.
2. Засвоїти алгоритм класифікаційного визначення рослин за дихотомічним принципом (теза – антитеза).
3. Засвоїти алгоритм класифікаційного визначення рослин за принципом кодових таблиць.
4. Ознайомитись з інформацією про окремі види рослин, що надається у визначнику.
5. Самостійно виявити класифікаційну належність наданих у вигляді гербарію рослин за допомогою книг-визначників.
6. У робочому зошиті оформити результати визначення й аналізу біоекологічних характеристик досліджуваних рослин.

### ***Завдання до другого заняття на базі комп'ютерного класу кафедри екології***

1. Самостійно встановити класифікаційну належність рослини за допомогою книг – визначників.
2. Оформити результати спостережень у зошиті.
3. Подати біоекологічні характеристики досліджуваних рослин.
4. Ознайомитись із загальними принципами роботи визначника online «Плантаріум» ([plantarium.ru](http://plantarium.ru)).
5. Самостійно виявити класифікаційну належність за допомогою визначника «Плантаріум», зафіксувавши результати дослідження у зошит.

### ***Контрольні питання***

1. У чому полягають загальні принципи систематики організмів?
2. Які переваги надає бінарна номенклатура біологічного виду?
3. Охарактеризуйте послідовні етапи класифікаційного визначення рослин за дихотомічним принципом.

4. Охарактеризуйте послідовні етапи визначення класифікаційної належності рослин за кодovими моделями.

5. Який вигляд у визначнику має інформація про біологічний вид?

6. У чому полягають переваги й недоліки електронних визначників рослин?

### РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Грин, Н. Биология [Текст]: пер. с англ.; в 3 т. / Н. Грин, У. Стаут, Д. Тейлор. – М.: Мир, 1990. – Т. 1 – 3.

2. Кемп, П. Введение в биологию [Текст]: пер. с англ. / П. Кемп, К. Армс. – М.: Мир, 1988. – 671 с.

3. Биологический энциклопедический словарь [Текст] / под ред. М.С. Гилярова. – М.: Сов. энциклопедия, 1989. – 863 с.

4. Чуйкин, А.Е. Общая биология [Текст]: учеб. для студ. вузов / А.Е. Чуйкин. – С.Пб.: Политехника, 2004. – 670 с.

5. Єлін, Ю.Я. Шкільний визначник рослин [Текст]: довідник / Ю.Я. Єлін, Л.Г. Оляницька, С.І. Івченко. – К.: Рад. шк., 1988. – 368 с.

5. Нейштадт, М.И. Определитель растений средней полосы Европейской части СССР [Текст] / М.И. Нейштадт. – М.: Гос. УПИ, 1963. – 640 с.

6. Губанов, И.А., Определитель высших растений средней полосы Европейской части СССР [Текст] / И.А. Губанов, В.С. Новиков, В.Н. Тихомиров. – М.: Просвещение, 1981. – 285 с.

7. Бондаренко, О.Б. Краткий определитель ископаемых беспозвоночных [Текст] / О.Б. Бондаренко, И.А. Михайлова. – М.: Недра, 1984. – 563 с.

### ЗМІСТ

<b>ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ</b> .....	3
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1.</b> Дослідження якісних реакцій на білки....	3
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2.</b> Спостереження процесу розщеплення перекису водню в клітинах живих організмів.....	6
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3.</b> Дослідження властивостей ліпідів.....	8
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4.</b> Дослідження продуктів фотосинтезу та умов, необхідних для їх утворення.....	11
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5.</b> Дослідження обмежувальних для фотосинтезу умов. Вивчення процесу виділення кисню внаслідок фотосинтезу.....	14
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6.</b> Вивчення молекулярних основ спадковості й мінливості живих організмів.....	17
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7.</b> Статистичні закономірності модифікаційної мінливості організмів.....	21
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8.</b> Дослідження палеонтологічних об'єктів..	24
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 9.</b> Аналіз факторів еволюції та форм природного відбору біологічних видів.....	28
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 10.</b> Встановлення класифікаційних параметрів рослин за допомогою бібліографічних та електронних визначників.....	33

**Горова Алла Іванівна**  
**Клімкіна Ірина Іванівна**  
**Федотов В'ячеслав Вікторович**

**БІОЛОГІЯ.**  
**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**  
**ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ З ДИСЦИПЛІНИ**  
**СТУДЕНТАМИ НАПРЯМУ ПІДГОТОВКИ**  
**6.040106 ЕКОЛОГІЯ, ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО**  
**СЕРЕДОВИЩА ТА ЗБАЛАНСОВАНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**  
**ЧАСТИНА II**

Редактор О.Н. Ільченко

Підписано до друку 19.02.2012. Формат 30x42/4.  
Папір офсетний. Ризографія. Ум. друк. арк. 2,0.  
Обл.-вид. арк. 2,6. Тираж 100 пр. Зам №

ДВНЗ «Національний гірничий університет»  
49005, Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19.