

Міністерство освіти і науки України

С. Д. Рудишин, А. М. Кмець, В. І. Самілик, І. М. Гулакова

БІОЛОГІЯ І ЕКОЛОГІЯ. 10 КЛАС

Навчальний посібник

СУМИ
2021

УДК 57+502/504](0753)

Б 69

Рекомендовано до друку вченою радою Глухівського національного педагогічного університету імені Олександра Довженка (протокол № 17 від 29 червня 2021 року)

Автори:

Рудишин С. Д., доктор педагогічних наук, кандидат біологічних наук, професор, завідувач кафедри теорії і методики викладання природничих дисциплін Глухівського національного педагогічного університету імені Олександра Довженка;

Кмець А. М., асистент кафедри теорії і методики викладання природничих дисциплін Глухівського національного педагогічного університету імені Олександра Довженка;

Самілик В. І., кандидат педагогічних наук, асистент кафедри теорії і методики викладання природничих дисциплін Глухівського національного педагогічного університету імені Олександра Довженка;

Гулакова І. М., вчитель біології вищої кваліфікаційної категорії, ЗОШ І-ІІІ ступенів Глухівської міської ради Сумської області.

Рецензенти:

Скиба Ю. А., доктор педагогічних наук, кандидат біологічних наук, завідувач відділу інтеграції вищої освіти і науки Інституту вищої освіти НАПН України;

Грицай Н. Б., доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри природничих наук з методиками навчання Рівненського державного гуманітарного університету;

Конопля О. С., вчитель біології вищої категорії Некрасівської НВК: ДНЗ-ЗОШ І-ІІІ ступенів Глухівської міської ради Сумської області.

Рудишин С. Д., Кмець А. М., Самілик В. І., Гулакова І. М.

Б 69 Біологія і екологія. 10 клас. Навчальний посібник: Вінниченко М. Д., – Суми, 2021. – 388 с.

ISBN 978-966-1569-04-0

Посібник містить навчальний матеріал, теоретичні відомості й поняття, практичні роботи, які передбачені оновленою програмою (рівень стандарту) і відповідають вимогам Концепції Нової української школи щодо формування у старшокласників елементів компетентності в природничих науках і технологіях, екологічної грамотності і здорового способу життя.

Кольорові ілюстрації, сучасне оформлення, різноманітні завдання сприятимуть ефективному засвоєнню навчального матеріалу.

Призначений для учнів 10 класів загальноосвітніх навчальних закладів, учителів біології та усіх, хто цікавиться біоекологічною тематикою.

УДК 57+502/504](0753)

© Рудишин С. Д., Кмець А. М.,
Самілик В. І., Гулакова І. М., 2021.
© Видавець Вінниченко М. Д., 2021.

ISBN 978-966-1569-04-0

ЗМІСТ

ВСТУП

- § 1. Міждисциплінарні зв'язки біології та екології. Стратегія сталого (збалансованого) розвитку системи «суспільство – природа»7
- § 2. Системний підхід у біології. Рівні організації біологічних систем та їхній взаємозв'язок 19
- § 3. Фундаментальні властивості живого: самовідтворення, самооновлення і саморганізація. Гомеостаз та механізми його підтримання.....29

ТЕМА 1. БІОРІЗНОМАНІТТЯ

- § 4. Біорізноманіття: його типи, значення у природі та житті людини.....37
- § 5. Систематика живих організмів. Принципи наукової класифікації.....47
- § 6. Вид як базовий біологічний таксон. Критерії виду. Сучасні концепції біологічного виду.....59
- § 7. Неклітинні форми життя: віруси, віроїди, пріони.....69
- § 8. Прокаріоти – клітини без ядра. Бактерії, археї.....85
- § 9. Еукаріоти. Гриби. Лишайники96
- § 10. Рослини.....106
- § 11. Тварини..... 116

ТЕМА 2. ОБМІН РЕЧОВИН І ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕНЕРГІЇ

- § 12. Обмін речовин і перетворення енергії в біологічних системах. Асиміляція та дисиміляція.....133
- § 13. Структури клітин, які забезпечують процеси метаболізму142
- § 14. Роль ферментів у забезпеченні метаболізму в клітині151
- § 15. Фотосинтез і хемосинтез: загальна характеристика, екологічне значення162
- § 16. Рациональне харчування як основа нормального обміну речовин в організмі людини.....172

§ 17. Продукти харчування та їхні компоненти. Білки. Жири. Вуглеводи	181
§ 18. Вітаміни. Мінеральні речовини	192
§ 19. Вода – невід’ємний складник метаболізму	203
§ 20. Біологічно активні добавки (бад) як спосіб оптимізації харчування населення. Харчові добавки	211
§ 21. Негативний вплив на обмін речовин алкоголю, тютюну та наркотичних речовин	218

ТЕМА 3. СПАДКОВІСТЬ І МІНЛИВІСТЬ

§ 22. Генетика як наука: основні поняття, методи досліджень...	225
§ 23. Гібридологічний аналіз: основні типи схрещувань та їхні наслідки	237
§ 24. Спадковий матеріал еукаріотичної клітини і його функціонування	250
§ 25. Хромосоми. Каріотип	261
§ 26. Генотип людини як цілісна система. Типи взаємодії генів проект «геном людини»	273
§ 27. Модифікаційна мінливість	290
§ 28. Спадкова (генотипова) мінливість та її форми	296
§ 29. Популяційна генетика. Генетичний моніторинг	302
§ 30. Спадкові хвороби. Медико-генетичне консультування	306

ТЕМА 4. РЕПРОДУКЦІЯ ТА РОЗВИТОК ОРГАНІЗМІВ

§ 31. Розмноження організмів: форми, особливості	312
§ 32. Регенерація: особливості процесів, форми. Трансплантація	327
§ 33. Мейоз. Гаметогенез	335
§ 34. Запліднення та його форми	349
§ 35. Ріст і розвиток клітин. Фактори росту	359
§ 36. Онтогенез: особливості періодів у багатоклітинних організмів	368
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	384

ВСТУПНЕ СЛОВО

Шановні читачі!

На обкладинці навчального посібника є слова «БІОЛОГІЯ І ЕКОЛОГІЯ». Біологія – наука про живі організми, життя в усіх його проявах. Екологія – наука про взаємовідносини організмів та їх угруповань між собою та середовищем їхнього існування. Отже, починаємо знайомитись з живою природою системно (ширше і комплексно) за принципом «від частини до цілого», тобто, від біологічних систем (клітини, організму) до екологічних (біогеоценозу та біосфери).

Усе в природі (від атома до Всесвіту) існує у вигляді систем. Будь-яка система (ціле) складається з частин (складових), які забезпечують таку цілісність. Прикладом біологічної системи слугує організм людини, який складається з органів (серце, легені, нирки, печінка та ін.). Кожна складова має специфічні властивості і функції (так, серце не може виконувати функцію печінки), але усі разом органи і створюють систему – організм із новими якісними (або кажуть «емерджентними») властивостями. Характерним прикладом системи також є клітина, яка складається з органодів (мітохондрій, хлоропластів, рибосом та ін.). Різноманіття і злагоджена взаємодія частини підтримує динамічну рівновагу (гомеостаз) системи, забезпечує її надійність.

Посібник дозволяє також:

- дізнатися про біорізноманіття і систематику живих організмів, неклітинні форми життя – віруси, які «оживають» тільки в клітині;
- довідатися про особливості обміну речовин і перетворення енергії у клітинах, після того, як людина поїла. Зрозуміти як правильно харчуватися і запобігати надходженню небезпечних для здоров'я речовин з їжею;
- розібратися в основах генетики – науки про спадковість і мінливість; ознайомитись з сучасними напрямками цієї науки та її значенням для збереження здоров'я людини, створення нових сортів рослин, порід тварин, штамів мікроорганізмів;
- зрозуміти механізми розмноження і розвитку організмів.

Зміст посібника відповідає вимогам Концепції Нової української школи і спрямований на формування у читачів елементів компетентності в природничих науках і технологіях, екологічної грамотності і здорового способу життя.

Мета навчання біології та екології полягає у формуванні у вас знань про закономірності функціонування живих систем, їх розвиток і взаємозв'язок із довкіллям; розуміння наукової картини світу та унікальної самоцінності життя, природи, здоров'я; необхідності раціонального використання та відновлення природних ресурсів на засадах сталого розвитку; здатності і бажання дотримуватися здорового способу життя; уміння оволодіти різними способами пізнавальної діяльності, життєвими навичками; застосування набутих знань у повсякденному житті та майбутній професійній діяльності.

ЯК ПРАЦЮВАТИ З ПОСІБНИКОМ?

Для зручності матеріал посібника розподілено на розділи і параграфи. У кожному параграфі, з метою активізації навчальної діяльності, запропоновані послідовні «кроки» до знань. На початку параграфу «КРОК ПЕРШИЙ: пригадуємо», щоб визначитись, які знання з нової теми вже сформовані. «КРОК ДРУГИЙ: визначаємось (або крок у майбутнє)» допоможе зорієнтуватись у можливостях застосування знань на практиці, або їх вдосконаленні. «КРОК ТРЕТІЙ: навчаємось» – спонукає до опрацювання основного тексту, ілюстрацій, таблиць та схем параграфу. «КРОК ЧЕТВЕРТИЙ: відтворюємо» дозволить вам відтворити основні терміни, поняття та нову інформацію. «КРОК П'ЯТИЙ: застосовуємо.» передбачає розв'язання задач, завдань, складання схем, таблиць, які дозволять розвинути логічне мислення, спонукають до подальшого розвитку знань, умінь, навичок. «КРОК ШОСТИЙ: формуємо гіпотези, пропонуємо шляхи розв'язання проблем» – допоможе вам відчувати себе науковцем, винахідником, спеціалістом в галузі біології та екології. «КРОК до ЗНО» включає тренувальні тести для тих, хто обрав свій професійний шлях, пов'язаний з біологічними науками. Кожен параграф, крім основного тексту, має рубрики: «Опорні точки» (висновки), «Дізнайтеся більше», «Наука – практиці». Усі вони дадуть можливість глибше зрозуміти й запам'ятати новий матеріал.

Окремі параграфи містять інструктивні картки для виконання лабораторних та практичних робіт, завдання для розробки проєктів, теми для диспутів та дискусій.

Після кожної теми є блок найважливішої інформації, що містить цитату, таблицю чи схему, загальний тематичний висновок. Все це подається під рубрикою «*Узагальнення теми*».

Успіхів вам у пізнанні живої матерії та творчого й приємного навчання!

Автори

ВСТУП. БІОЛОГІЯ І ЕКОЛОГІЯ: ЗВ'ЯЗКИ МІЖ НАУКАМИ. РІВНІ ОРГАНІЗАЦІЇ БІОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ. ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ ЖИВОГО. СТРАТЕГІЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

§ 1. МІЖДИСЦИПЛІНАРНІ ЗВ'ЯЗКИ БІОЛОГІЇ ТА ЕКОЛОГІЇ. СТРАТЕГІЯ СТАЛОГО (ЗБАЛАНСОВАНОГО) РОЗВИТКУ СИСТЕМИ «СУСПІЛЬСТВО-ПРИРОДА»

Терміни та поняття: біологія, екологія, навколишнє середовище, сталий (збалансований) розвиток.

КРОК ПЕРШИЙ: пригадуємо.

Що таке природа? На які дві групи можна поділити об'єкти природи? Наведіть приклади взаємозв'язку між природними об'єктами. Пригадайте які біологічні науки вивчають рослини, тварин, організм людини? Яке місце в природі, на вашу думку, належить людині? Наведіть приклади взаємодії людини з природою.

КРОК ДРУГИЙ: визначаємось (крок у майбутнє).

Екологи сформулювали концепцію сталого (збалансованого) розвитку цивілізації у XXI столітті та розробили план збереження природи. Чому до втілення цього плану має долучитись кожна людина, незалежно від віку чи професії? Про важливість біологічної та екологічної освіти ви дізнаєтесь з даного параграфу й кожен зробить для себе певний висновок.

КРОК ТРЕТІЙ: навчаємось.

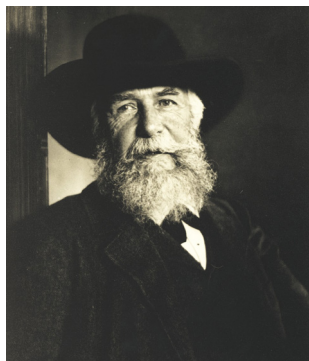
Ми з вами поглиблюємо знання з біології – комплексної науки, яка вивчає життя в усіх його проявах. Біологію відносять до природничих наук (разом з хімією, фізикою, геологією, географією, астрономією та іншими науками, що вивчають природу). Об'єктом вивчення біології є живі організми (віруси, бактерії, рослини, гриби, тварини, людина) – їх різноманітність, будова, функції, поширення, еволюція, взаємозв'язок між собою та навколиш-

нім природним середовищем. Біологія тісно пов'язана з екологією.

Екологія спочатку сформувалася як розділ біології, що пов'язаний із вивченням взаємовідносин організмів та їх угруповань між собою та середовищем їхнього існування.

Навколишнє середовище, або довкілля

– вся сукупність абіотичних і біотичних факторів (всі об'єкти живої та неживої природи), що існують на Землі або в деякій її частині. Воно оточує людину, підтримує її існування, створює умови для діяльності і суспільних відносин, безпосередньо впливає на її життя і здоров'я.



Мал. 1. Ернест Геккель (1834 - 1919) рр.

Перш ніж розглядати екологію як науку про взаємозв'язки і взаємозалежність всіх живих організмів з навколишнім середовищем, ми повинні розглянути поняття «навколишнє середовище».

Коли говорять про захист довкілля, мають на увазі збереження сприятливого середовища для існування живих істот у всій повноті біологічного різноманіття. Діяльність людини не має призводити до критичного порушення біологічного світу, бо в цьому середовищі, зрештою, жити людині.

Назву «екологія» вперше використав німецький біолог Ернест Геккель у 1866 р. У дослівному перекладі з грецької («*ойкос*» – дім, оселя; «*логос*» – наука), тобто, екологія – це наука про «дім», де ми усі живемо.



Мал. 2.



Мал. 3.

Екологія – наука про «дім» – природу, що оточує нас, де ми усі живемо

Таке визначення екології створює образ, – уявімо собі наш дім – Землю (природу, що оточує нас), де кожен організм перебуває в постійному контакті з усіма, хто мешкає поруч.

На сучасному етапі розвитку цивілізації екологія стає міждисциплінарною наукою, заснованою на різних областях людського

ЕКОЛОГІЯ – наука про взаємовідносини організмів та їх угруповань між собою та середовищем їхнього існування

знання: біології, хімії, географії, фізики, соціології, психології, природоохоронної діяльності, різних видів технології і т. д. Сучасна еко-

логія охоплює комплексне дослідження як біології екосистем, так й соціально-економічних потреб людства та антропогенного забруднення довкілля і умовно поділяється на три великі напрями:

1. **Теоретична екологія** (*біологія екосистем*) – досліджує фундаментальні проблеми структурно-функціональної організації та інтеграції природних екосистем; вивчає переважно процеси, які відбуваються в екосистемах дикої природи, заповідниках, біосфері в цілому (продуктивність, еволюцію та відтворення екосистем; біологічне і ландшафтне різноманіття; форми біотичних взаємовідносин в екосистемах – симбіоз, хижацтво, паразитизм та ін.).

2. **Прикладна екологія** (*охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування*) – з'ясовує різні аспекти дії людини на довкілля і спрямована на розв'язання головним чином практичних питань. Цей напрям обумовлений тим, що людина – єдина істота на Землі, яка знищує і забруднює природні екосистеми – залишає після себе сміття (його в природі не існує), вирубує ліси, осушує болота, добуває нафту і газ, будує атомні та гідроелектростанції, висаджує на величезних площах рослини, які потрібні людині та ін. Прикладна екологія переймається проблемами переробки та утилізації відходів, розробки і впровадження технологій водоочищення та відновлювальних джерел енергії (сонця, вітру, хвиль), раціонального використання природних ресурсів, нітратів і пестицидів в сільському господарстві, радіаційного забруднення та ін.

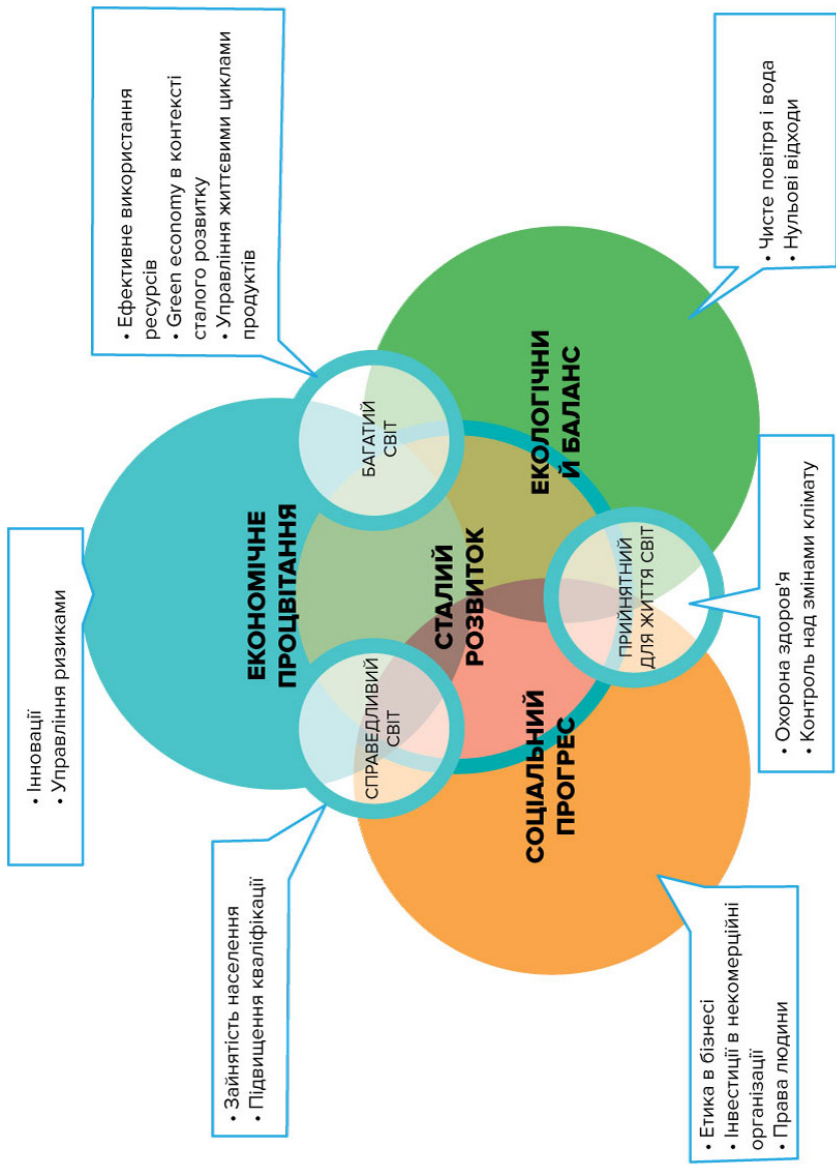
3. *Соціальна екологія (екологія людини)*. Виокремлення цього напрямку екології пов'язане з тим, що людина поєднує в собі три сутності: а) біологічну – має тіло ссавця, генетичні особливості життєдіяльності і розмноження, здатність відчувати світ (зір, слух, смак, нюх, дотик); б) соціальну – людина є громадянином, школярем, вчителем, сусідом тощо; в) духовну (культурну) – людині притаманне розуміння власної гідності, добра і зла, совісті, сорому тощо. Біологічні проблеми функціонування екосистем тісно пов'язані з політичними, демографічними, енергетичними, продовольчими і сировинними проблемами. Отже, матеріальні і духовні потреби об'єктивно існують одночасно із біологічними, і разом утворюють якісно новий суспільний вид потреб – соціоекологічні. Людина потребує певної якості природного середовища, при збереженні якого можливе повноцінне життя і здоров'я. Доцільно розуміти, що здоров'я – це не лише відсутність хвороб, а й стан повного фізичного, духовного і соціального благополуччя людини.

Соціоекологія вивчає взаємодії і взаємозв'язки людського суспільства з навколишнім природним середовищем, вплив останнього (у тому числі і соціального) як на окрему людину, так й на людські популяції, етноси (народи, народності).

Стратегія сталого (збалансованого) розвитку системи «природа-суспільство» об'єднала науковців і практиків усіх трьох напрямів екології. Для реалізації мети – людство має узгоджувати соціально-економічну діяльність з можливостями екосистем біосфери самовідновлюватися, що забезпечить майбутнім поколінням можливість задовольняти свої потреби.

Сталий розвиток – це керований розвиток суспільства, коли економічне зростання, матеріальне виробництво і споживання відбуваються в межах, які дозволяють екосистем відновлюватися, поглинати забруднення і підтримувати життєдіяльність теперішніх та майбутніх поколінь

Суспільство сталого розвитку не руйнує свою природну основу – екосистеми біосфери й забезпечує виживання і збалансований розвиток цивілізації за рахунок соціоеколого-економічної рівноваги.



Мал. 4. Стратегія сталого (збалансованого) розвитку

Роль і місце біологічних знань в реалізації стратегії сталого (збалансованого) розвитку системи «природа-суспільство».

Біологічні знання є видом наукових знань і способом перетворення дійсності, що визначає наступні головні завдання сучасної біології:

1. *Формування наукового світогляду* на основі біологічних знань, які відображають природничо-наукову картину світу. Таке завдання обумовлено тим, що свобода світогляду й віросповідання в процесі демократизації українського суспільства породила хвилю звернення людей до містики, астрології та інших псевдонаукових проявів культури. Умовою формування наукового світогляду є перетворення біологічних знань у погляди, а поглядів – на переконання. В результаті вивчення біології формуються переконання в тому, що: жива й нежива природа мають єдину матеріальну основу – хімічні елементи; між живою й неживою природою існує постійний взаємозв'язок у вигляді обміну речовини, енергії та інформації; для живої природи характерна складна підпорядкованість рівнів організації її систем (молекулярний – клітинний – організмівий – популяційно-видовий – екосистемний – біосферний); тільки біологічні системи (на відміну від неживої природи) здатні до саморегуляції, обміну речовин й самовідтворення за матричним принципом (нуклеїнова кислота – білок – ознака).

2. *Формування біоекологічного мислення.* Людству XXI століття доцільно усвідомити – абсолютна цінність природи полягає не тільки в її корисності, а у тому, що без неї неможливе існування людини як біологічного виду *Homo sapiens L.* Природа має існувати заради неї самої.

Для розуміння взаємозв'язків у природі необхідні ґрунтовні біологічні знання. Важливість біологічної складової екологічних знань для сталого розвитку людства не потребує окремого доведення, оскільки життєдіяльність людини можлива лише в певному вузькому діапазоні параметрів довкілля, які відповідають тільки біологічним особливостям організму (а не соціальним, культурним чи релігійним). Людина помре через 3 хвилини без кисню повітря, без води – через 5-7 діб, без їжі – через більш тривалий час. Кисень і їжу дають людині і тва-

ринам тільки рослини, які мають десь рости. Відмерлі рештки рослин та тварин мають розкласти (мінералізувати) бактерії та гриби. Отже, біологічний аспект існування людства сьогодні стає визначальним при вирішенні будь-якої науково-політичної проблеми.

З цим завданням безпосередньо пов'язане наступне.

3. *Вивчення біорізноманіття – всієї сукупності організмів планети, їх взаємодію між собою.* На думку науковців на Землі існують від 5 до 30 млн. видів живих організмів, але поки описано близько 1,7 млн. Звідси, дотичне завдання – *запобігання скороченню біорізноманіття* під впливом людської діяльності шляхом створення об'єктів природно-заповідного фонду (національних природних парків, біосферних резерватів, заповідників, ботанічних садів, зоологічних парків та ін.), а також переходу на використання переважно відновлювальних ресурсів (енергії Сонця, вітру, хвиль, тепла Землі). Різноманітність живих організмів підтримує гомеостаз (динамічну сталість) сучасного стану біосфери. Збереження біологічного і ландшафтного різноманіття є обов'язковою умовою сталого розвитку. Біологи висувають екологічне *гасло для сталого розвитку:*

«Збережемо біологічне і ландшафтне різноманіття, то воно збереже й нас»!

4. Теоретичне і практичне завдання біології – *забезпечення людства продовольством*, ліквідація голоду, покращення якості і безпечності харчування, стимулювання сталого сільського господарства. Таке завдання обґрунтовується тим, що біологічні знання є науковою базою усіх програм досліджень і технологій виробництва продуктів харчування (особливо селекційно-генетичного й біотехнологічного спрямування, визначення можливостей, ризиків і перспективи використання генетично модифікованих організмів (ГМО), вивчення продуктивності фотосинтезу, азотфіксації та ін.).

5. Дослідження шляхів *забезпечення здоров'я населення* та поширення здорового способу життя для всіх людей, незалежно від віку; можливостей продовження тривалості життя людей; подолання панде-

мії коронавірусної інфекції, епідемій СНІДу, туберкульозу, малярії та інших хвороб; суттєве скорочення кількості смертей та захворювань внаслідок пріонних інфекцій, забруднення довкілля небезпечними хімічними та радіоактивними речовинами.

Отже, біологічні та екологічні знання набувають нового сенсу, стають філософією і засобом збереження, продовження і розвитку людської цивілізації.

На сьогодні немає альтернативи сталому розвитку у сучасному світі, а освіта є ефективним засобом його впровадження в суспільство.

Опорні точки (висновки).

- Біологія – комплексна наука, яка вивчає життя в усіх його проявах.
- Біологію відносять до природничих наук.
- Біологічні знання є видом наукових знань і способом перетворення дійсності, що визначає наступні головні завдання сучасної біології: формування наукового світогляду, формування біоекологічного мислення, вивчення біорізноманіття та запобігання його скороченню, забезпечення людства продовольством, забезпечення здоров'я населення.
- Біологія тісно пов'язана з екологією.
- Екологія – це наука про взаємовідносини організмів та їх угруповань між собою та середовищем їхнього існування.
- Сучасна екологія поділяється на три великі напрями: теоретичну екологію (біологію екосистем), прикладну екологію (охорону навколишнього середовища та збалансоване природокористування), соціальну екологію (екологію людини).
- Сталий розвиток – це керований розвиток суспільства, коли економічне зростання, матеріальне виробництво і споживання відбуваються в межах, які дозволяють екосистем відновлюватися, поглинати забруднення і підтримувати життєдіяльність теперішніх та майбутніх поколінь.
- Суспільство сталого розвитку не руйнує свою природну основу – екосистеми біосфери й забезпечує виживання і збалансова-

ний розвиток цивілізації за рахунок соціоеколого-економічної рівноваги.

- Біологічні та екологічні знання у сучасному світі є філософією і засобом збереження, продовження і розвитку людської цивілізації.

КРОК ЧЕТВЕРТИЙ: відтворюємо.

1. Які науки входять до системи природничих наук?
2. Що вивчає біологія?
3. Які науки входять до системи біологічних наук?
4. З якими науками пов'язана біологія? Наведіть приклади.
5. Що входить до поняття навколишнє середовище?
6. Дайте визначення екології.
7. Охарактеризуйте основні напрями екології. За яким принципом визначають ці напрями?
8. В чому полягають завдання сучасної біологічної науки?
9. Як у сучасному суспільстві практично застосовуються біологічні знання?
10. Чим характеризується сталий (збалансований) розвиток?
11. Чому країну можна назвати високорозвиненою, якщо в ній сформована і діє мережа біологічних та екологічних науково-дослідницьких установ?

КРОК П'ЯТИЙ: застосовуємо.

1. Користуючись мал. 4, наведіть приклади руху сучасного суспільства до сталого розвитку.
2. Складіть схему, яка відображає формування наукового світогляду на основі вивчення природничих наук.
4. Заповніть таблицю «Етапи розвитку біологічної науки», користуючись додатковими джерелами інформації.
5. Охарактеризуйте внесок вчених в розвиток екології, обравши 5-6 науковців. Відомості занесіть у таблицю.

Прізвище вченого	Науковий внесок

6. Доповніть твердження:

Історичний шлях розвитку природничих наук привів до формування _____ природничих наук, таких як: _____ . Однією з _____ наук, яка вивчає взаємовідносини організмів та їх угруповань _____ їхнього існування називається _____. Екологія умовно поділяється на три великі напрями: _____. Теоретична екологія, або _____ вивчає переважно процеси, які відбуваються в екосистемах _____. Прикладна екологія – з'ясовує різні аспекти дії _____. _____ вивчає взаємодії і взаємозв'язки _____ з _____.

КРОК ШОСТИЙ: пропонуємо, формулюємо гіпотези та шляхи їх розв'язання.

1. Як би ви пояснили такий вислів: «Біологія – це світ, організми, мільйони молекул! Оце наука!».
2. Створіть презентацію, яка б ілюструвала одне з завдань сучасної біологічної науки.
3. Які наукові біологічні школи України вам відомі? Що ви знаєте про їх визначні досягнення?
4. Запропонуйте актуальні теми для проведення наукових досліджень з екології людини.
5. Складіть план дослідження стану довкілля біля будинку, де ви мешкаєте, використовуючи як індикатори мохи, лишайники, видовий склад деревних та трав'янистих рослин.
6. Які відкриття у галузі біології за останні десятиріччя, на вашу думку, будуть визначати розв'язання глобальних проблем людства?
7. Чи забезпечує повне заповідання території збереження існуючого біорізноманіття?

КРОК до ЗНО.

Виберіть одну правильну відповідь.

1. Біологія – це наука, яка вивчає:

- а) процеси життєдіяльності й розмноження клітин;
 - б) будову та функції тканин багатоклітинних тварин;
 - в) тварин і рослини минулих геологічних епох;
 - г) усі прояви життя: будову та функції живих істот, їхню різноманітність, розвиток, поширення, еволюцію та форми співіснування.
2. Термін «біологія» запропонував у XIX столітті:
- а) Ч. Дарвін;
 - б) Т. Шванн;
 - в) Г. Вірхов;
 - г) Ж. Б. Ламарк.
3. Термін «біологія» було запропоновано в році:
- а) 1802;
 - б) 1859;
 - в) 1865.
4. Екологія – це наука, що вивчає:
- а) тварин і рослини минулих геологічних епох;
 - б) усі прояви життя;
 - в) взаємозв'язки організмів із навколишнім середовищем;
 - г) теоретичні основи й методи створення нових сортів культурних рослин.
5. Термін екологія запропонував
- а) А. Тенслі;
 - б) Е. Геккель;
 - в) М. Вавілов,
 - г) В. Вернадський
6. Розділом екології є:
- а) генетика популяцій;
 - б) систематика організмів;
 - в) теоретична екологія
 - г) біоценологія
7. Теоретичною базою охорони природи слугує:
- а) молекулярна біологія;
 - б) біогеохімія;
 - в) екологія;
 - г) загальна біологія
8. Установіть відповідність між організмами та біологічними науками, які їх вивчають:
- | | |
|----------------------------|-------------------|
| А неклітинні форми життя; | 1. Зоологія; |
| Б прокаріотичні організми; | 2. Вірусологія; |
| В гриби; | 3. Мікробіологія; |
| Г тварини. | 4. Ботаніка; |
| | 5. Мікологія. |

8. Оберіть види людської діяльності, де необхідні знання екології:

- | | |
|----------------------|---------------------------|
| а) медицина; | б) сільське господарство; |
| в) охорона довкілля; | г) харчова промисловість |

..... **ДІЗНАЙТЕСЯ БІЛЬШЕ**

ЦІЛІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

25 вересня 2015 року 193 держави-члени Організації Об'єднаних Націй на Саміті зі сталого розвитку в Нью-Йорку одностайно прийняли нову глобальну програму сталого розвитку, що містить 17 цілей, яких світ має досягнути до 2030 року:

- Ціль 1. Подолання бідності.
- Ціль 2. Подолання голоду, розвиток сільського господарства.
- Ціль 3. Міцне здоров'я і благополуччя.
- Ціль 4. Якісна освіта.
- Ціль 5. Гендерна рівність.
- Ціль 6. Чиста вода та належні санітарні умови.
- Ціль 7. Доступна та чиста енергія.
- Ціль 8. Гідна праця та економічне зростання.
- Ціль 9. Промисловість, інновації та інфраструктура.
- Ціль 10. Скорочення нерівності.
- Ціль 11. Сталий розвиток міст і громад.
- Ціль 12. Відповідальне споживання та виробництво.
- Ціль 13. Пом'якшення наслідків зміни клімату.
- Ціль 14. Збереження морських ресурсів.
- Ціль 15. Захист та відновлення екосистем суші.
- Ціль 16. Мир, справедливість та сильні інститути.
- Ціль 17. Партнерство заради сталого розвитку.

§ 2. СИСТЕМНИЙ ПІДХІД В БІОЛОГІЇ. РІВНІ ОРГАНІЗАЦІЇ БІОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ ТА ЇХНІЙ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК

Терміни та поняття: система, біосистеми різних рівнів, екосистема.

КРОК ПЕРШИЙ: пригадуємо.

Клітина, тканина, орган, система органів... Як узгоджується робота цих біологічних систем в організмах вищих рослин та організмах тварин?

КРОК ДРУГИЙ: визначаємось (крок у майбутнє).

Кожна жива система, щоб нормально існувати повинна себе зберегти та відтворити. Здається, для цього вона має максимально ізолюватись від будь-яких сторонніх впливів. Але жива система не зможе проіснувати ізолювано тривалий час. Щоб жити, вона споживає з навколишнього середовища певні речовини та енергію і одночасно виділяє назовні продукти обміну. Встановлюється певна крихка рівновага, яку постійно необхідно підтримувати. Як довго така рівновага може тривати? Відповідь на це питання ви знайдете на уроці.

КРОК ТРЕТІЙ: навчасось.

Усе в природі існує у вигляді систем – від атома до людини і Всесвіту.

Система – множина взаємопов'язаних частин (елементів), що утворюють єдине ціле, тісно взаємодіють між собою і мають мету (функціонувати, жити). Система може бути механічна (годинник, автомобіль тощо), соціальна (колектив, партія, рух, спілка, нація) і біологічна. Ми зустрічаємо слово «система» в позначенні різноманітних понять: нервова система, серцево-судинна система, банківська система, система організації виробництва, політична система, система рівнянь тощо.

Біологічна система

– це структурне і функціональне об'єднання живих елементів, які зберігають свою цілісність завдяки самовідтворенню (розмноженню), самооновленню і саморегуляції.

До біологічних систем належать ген, клітина, тканина, орган, організм та надорганізмові системи (популяція, біоценоз, біогеоценоз і біосфера в цілому).

Найбільш цікавою для людини біологічною системою є її власний організм. Кожен компонент системи (серце, нирки, легені, печінка та ін.) має свої властивості і не може існувати самостійно, але разом вони утворюють нову якість – організм.

Екосистема – це сукупність живих організмів, які пристосувалися до спільного проживання в певному середовищі існування, утворюючи з ним єдине ціле.

Екосистема

– це структурне і функціональне об'єднання живих організмів, що проживають на певній території, та умови їх існування

Отже, в екосистемі можна виділити два компоненти – біотичний (живий) і абіотичний. Біотична складова екосистема представлена окремими біосистемами: *продуцентами* – утворювачами органічної речовини (рослини, бактерії), *консументами* – споживачами живої органічної речовини (тварини, люди), *редуцентами* – бактеріями і грибами, які розкладають і мінералізують мертві рештки.

Абіотична складова екосистеми (біотоп) – це мікроклімат, освітленість, водний режим, ґрунтовий покрив, тиск, висота над рівнем моря тощо.

Розмір природної екосистеми може бути різним – від окремого ставка чи галявини в лісі до тропічного лісу Амазонської низовини чи усїєї живої оболонки нашої планети (біосфери).

Отже, зробимо узагальнення щодо рівнів організації біосистем.

Біологічні системи: рівні організації та їхній взаємозв'язок.

Жива матерія нашої планети має кілька рівнів організації: молекулярний, клітинний, організмовий, популяційно-видовий, екосистемний (біогеоценотичний) і біосферний.

На всіх рівнях проявляються основні ознаки життя – саморегуляція, самооновлення і самовідтворення, які разом забезпечують упорядкованість, цілісність, обмін речовини, енергії та інформації та ін. Закони існування організації живих систем: 1) життя на всіх рівнях забезпечується і визначається структурою нижчого рівня; 2) кожен вищий рівень має якісно нові (або кажуть «емерджентні») властивості, ніж властивості складових нижчого рівня. Тобто, властивості клітин-

ного рівня організації визначаються молекулярним і субклітинним рівнями; організму – клітинним і тканинним; популяційно-видовий – організовим; біогеоценотичний (екосистемний) – популяцій біоценозів мікроорганізмів, рослин, грибів і тварин; біосфери – біогеоценотичним рівнями.



Рівні організації живої матерії

Мал. 5. Рівні організації біологічних систем: 1) молекулярний, 2) клітинний, 3) організовий, 4) популяційно-видовий, 5) екосистемний (біогеоценотичний), 6) біосферний

Молекулярний рівень організації живої матерії є предметом дослідження молекулярної біології, біохімії, вірусології, які вивчають будову молекул білків, нуклеїнових кислот, гормонів та інших речовин, плазмід, вірусів та їхню біологічну роль. На молекулярному рівні в живих організмах відбуваються біохімічні процеси і перетворення енергії, а також зберігається, змінюється і реалізується спадкова ін-

формація, закодована в молекулах нуклеїнових кислот. На цьому рівні досягнуто значних теоретичних і практичних успіхів у галузі біотехнології і генетичної інженерії.

Клітинний рівень. Клітина є елементарною одиницею будови, життєдіяльності та розвитку живої матерії. У всіх організмів тільки на клітинному рівні можливі біосинтез і реалізація спадкової інформації. Клітинний рівень у одноклітинних співпадає з рівнем організму. У багатоклітинних під час індивідуального розвитку клітини спеціалізуються за будовою та виконуваними функціями і формують тканини організму.

Організмовий рівень. Організм містить тканини і органи. Тканини – сукупність клітин (подібних за будовою, походженням, функціями) і міжклітинної речовини, які разом виконують спільну роль. Наприклад, тканини людського організму поділяються на епітеліальну, м'язову, сполучну і нервову. Функціональне об'єднання тканин одного чи кількох видів утворює органи (нирки, легені, листок та ін.). Органи утворюють, в свою чергу, систему органів (серцево-судинна, видільна, опорно-рухова та ін.), а останні – цілий організм.

На рівні організму спостерігається найбільша різноманітність форм життя. Науковцями описано близько 1,7 млн видів живих організмів, з яких понад мільйон тварин та близько півмільйона видів рослин. Кожен вид складається з окремих особин. Особина – це організм. Клітинний рівень у одноклітинних співпадає з організмовим.

Популяційно-видовий рівень. Популяція – сукупність організмів одного виду, які займають обмежений ареал, вільно схрещуються і дають плодюче потомство. Популяції особин є формою існування виду. На популяційно-видовому рівні вивчаються фактори, що впливають на чисельність популяцій (народжуваність, смертність), проблеми збереження зникаючих видів, динаміка генетичного складу популяцій. Популяція – це елементарна одиниця еволюційного процесу, в ній розпочинаються процеси видоутворення. Популяції різних видів входять до складу біогеоценозів.

Екосистемний (біогеоценотичний) рівень. Основою цього рівня організації живої матерії є екосистеми (біогеоценози) – історично

сформовані біоценози (сукупності популяцій різних видів рослин, грибів, тварин і мікроорганізмів), що мешкають разом на певній території (біотопі) і взаємопов'язані між собою обміном речовини, енергії та інформації.

Біоценоз – біологічна система у вигляді сукупності популяцій різних видів рослин, грибів, тварин та мікроорганізмів, які населяють певний біотоп.

Біотоп – це певний комплекс абіотичних екологічних факторів (мікроклімат, водний і температурний режим, освітлення, ґрунт, висота над рівнем моря та ін.) на певній ділянці земної поверхні.

Біогеоценоз – це сукупність біоценозу і біотопу, які пов'язані між собою обміном речовини, енергії та інформації.



Мал. 6. Природна екосистема: а – біогеоценоз як сукупність угруповань біоценозів (б) різних організмів (рослин, грибів, тварин і мікроорганізмів) на певній ділянці земної поверхні (біотопі). Межі окремих біогеоценозів визначаються рослинними угрупованнями — фітоценозами

Таким чином, екосистема – це біоценоз + його біотоп.

Екосистемний рівень забезпечує постійний функціональний зв'язок між живою та неживою природою, постійний рух (колообіг) речовини за біогеохімічними циклами і постійну трансформацію сонячної енергії у трофічних ланцюгах.

Кожна екосистема складається з біоценозу та біотопу.

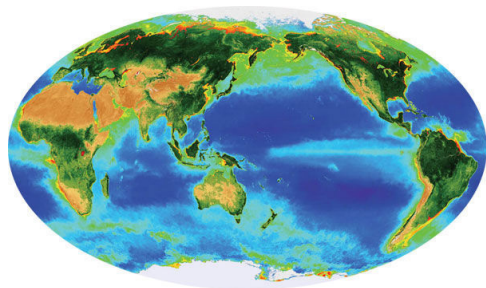


Таким чином, екосистема це - біоценоз + його біотоп



Мал. 7. Складові природної екосистеми: біогеоценоз = біоценоз + біотоп

Біосфера. Сукупність усіх екосистем планети утворюють біосферу – єдину планетарну систему у межах якої активно існує життя (жива речовина). Усі біогеоценози взаємодіють між собою, створюють і підтримують разом біогеохімічний колообіг атомів хімічних елементів і речовин у межах біосфери. Такий колообіг є головним механізмом, що визначає єдність і цілісність біосфери.



Біосфера –
(bios – життя і sphaeria - куля)
- простір активного життя Землі, яка включає частину атмосфери, гідросфери, літосфери, заселених живими істотами.

Мал. 8. Біосфера – глобальна екосистема планети

Рівні організації біосистем взаємодіють за *принципами єдності та ієрархії*. Основою єдності всіх рівнів організації біосистем є проникаючі крізь них потоки речовин, енергії та інформації. А принцип ієрархії систем полягає у тому, що будь-яка система є компонентом системи вищого рангу і, в свою чергу, складається з підпорядкованих їй біосистем систем нижчого рангу.

Існують *штучні екосистеми* – це системи, створені людиною для задоволення власних потреб (сади, городи, поля, поселення різного типу, квітники, ставки, акваріуми тощо). Вони не здатні до самоорганізації та самовідтворення і потребують постійного втручання людини для свого функціонування.

Опорні точки (висновки).

- Усе в природі існує у вигляді систем – від атома до людини і Всесвіту.
- Система – множина взаємопов'язаних частин, що утворюють єдине ціле, тісно взаємодіють між собою і мають мету.
- Біологічна система – це структурне і функціональне об'єднання живих елементів, які зберігають свою цілісність завдяки самовідтворенню (розмноженню), самооновленню і саморегуляції.
- До біологічних систем належать ген, клітина, тканина, орган, організм та надорганізові системи (популяція, біоценоз, біогеоценоз і біосфера).
- Екосистема – це структурне і функціональне об'єднання живих організмів, що проживають на певній території, та умови їх існування.
- Жива матерія нашої планети має кілька рівнів організації: молекулярний, клітинний, організмовий, популяційно-видовий, екосистемний (біогеоценотичний) і біосферний.
- На всіх рівнях проявляються основні ознаки життя – саморегуляція, самооновлення і самовідтворення, які разом забезпечують упорядкованість, цілісність, обмін речовини, енергії та інформації та ін.
- Рівні організації біосистем взаємодіють за принципами єдності та ієрархії.

- Штучні екосистеми – це системи, створені людиною для задоволення власних потреб. Вони не здатні до самоорганізації та самовідтворення і потребують постійного втручання людини для свого функціонування.

КРОК ЧЕТВЕРТИЙ: відтворюємо.

1. Що таке система, біологічна система? Наведіть приклади відомих вам біологічних систем.
2. Чим екосистема відрізняється від біологічної системи? Наведіть приклади екосистем.
3. Назвіть біотичні та абіотичні компоненти екосистеми.
4. Які рівні організації біологічних систем існують в природі?
5. Який рівень організації живої матерії є предметом дослідження молекулярної біології? Що саме досліджують науковці?
6. На якому рівні організації існують амеба протей, хламідомонада, мукор, паличка Коха?
7. На якому рівні організації спостерігається найбільша різноманітність форм життя? Наведіть аргументи.
8. Наведіть приклади популяційно-видового рівня організації біологічних систем.
9. Дайте визначення біогеоценозу, біоценозу, біотопу. Чи можна їх вважати природними системами? Відповідь аргументуйте.
10. Який рівень організації утворюють всі біогеоценози планети? Чим він характеризується?
11. Що таке штучні екосистеми? Наведіть приклади таких систем.

КРОК П'ЯТИЙ: застосовуємо.

1. Проаналізуйте організм квіткової рослини як систему певного рівня організації, встановіть її структурні компоненти та їх взаємозв'язок.
2. Поясніть на прикладах основні принципи взаємодії рівнів організації біологічних систем.
3. Назвіть представників продуцентів, консументів та редуцентів в екосистемі мішаного лісу.

4. Заповніть таблицю:

Рівень організації	Компоненти системи	Основні процеси

5. Складіть схему біогеохімічного колообігу атомів Карбону у межах біосфери.
6. Складіть схему біогеохімічного колообігу води у межах біосфери.

КРОК ШОСТИЙ: пропонуємо, формулюємо гіпотези та шляхи їх розв'язання.

Цікаві факти та запитання з молекулярного рівня життя.

- Цю амінокислоту вперше було виявлено у пагонах спаржі, за що вона отримала свою назву _____.
- У цих органічних речовин надзвичайно багато біохімічних професій (функцій). Недарма їх друга назва нагадує про давньогрецького бога Протея, здатного за переказами набувати будь-якого вигляду. Їх перша назва _____, а друга _____.

Цікаві факти та запитання з клітинного рівня життя

- Поділ клітин часто називають «танцями хромосом», але хромосоми не вільні в цьому танці, їхніми рухами керує досвідчений «хореограф». Мова йде про органелу, відкриту у 1875 році. Це _____.

Цікаві факти та запитання з організмозового рівня життя

- Рослини цього виду індіанці називають пташиною сковорідкою за форму найбільших у світі листків з загнутими догори краями. Плоди цієї квіткової водної рослини наповнені борошнями.

§ 3. ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ ЖИВОГО: САМОВІДТВОРЕННЯ, САМООНОВЛЕННЯ І САМОРОГАНІЗАЦІЯ. ГОМЕОСТАЗ ТА МЕХАНІЗМИ ЙОГО ПІДРИМАННЯ

Терміни та поняття: самовідтворення, самооновлення, саморегуляція, гомеостаз.

КРОК ПЕРШИЙ: пригадуємо.

1. Наведіть декілька прикладів живих організмів, які мешкають на Землі.
2. Які властивості цих організмів дозволили вам віднести їх до живих істот?
3. Як відрізнити об'єкти живої природи від об'єктів неживої природи?
4. Дайте визначення таким термінам: живлення, дихання, подразливість, рух, ріст, розвиток, розмноження.

КРОК ДРУГИЙ: визначаємось (крок у майбутнє).

Письменники відображають життя як роман, драму, комедію, трагедію, іноді – як детектив. Художники змальовують його фарбами. Хіміки вбачають у ньому певну впорядкованість і сукупність реакцій. Спробуйте за допомогою прийому «Асоціативного куща» проілюструвати, які асоціації виникають у вас з терміном життя. А як визначають фундаментальні властивості життя біологи? Саме це стане предметом нашого теоретичного дослідження на уроці.

КРОК ТРЕТІЙ: навчаємось.

Усім рівням організації живої природи притаманні фундаментальні риси, що принципово різнять її від неживої природи – самовідтворення, самооновлення і саморегуляція.

Самовідтворення (розмноження) – це властивість організмів відтворювати собі подібних; вона забезпечує спадкоємність між генераціями, що змінюють одна одну. Хоча життя окремого організму обмежене певним терміном, проте існування кожного виду забезпечується постійним розмноженням окремих особин. В основі самовідтворення лежить матричний принцип передачі спадкової інфор-

мації: нуклеїновим кислотам (матрицям) властива здатність зберігати і відтворювати спадкову інформацію та реалізувати її через синтез білків. В клітині містяться хромосоми, які складаються з молекул спадковості – ДНК (дезоксирибонуклеїнової кислоти), в послідовності нуклеотидів яких закодовані ознаки всього організму. Дві дочірні ДНК є точними копіями з матриці материнської ДНК, тому одна материнська клітина дає початок двом дочірнім. Отже, закон живого такий: ДНК утворюється від ДНК, хромосома – від хромосоми, клітина – від клітини.

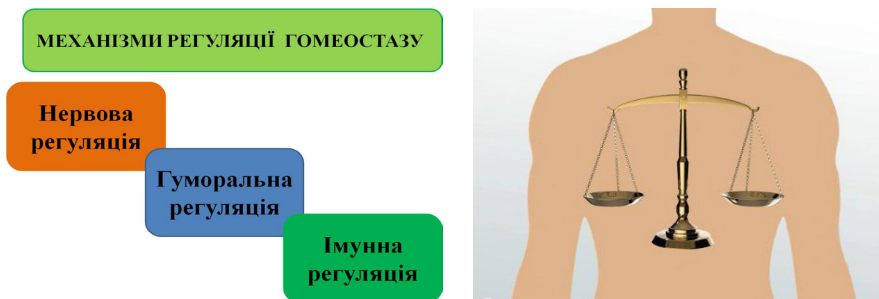
Самооновлення забезпечує утворення нових складових частин замість пошкоджених чи втрачених. В основі процесів самооновлення також лежать реакції матричного синтезу, тобто утворення нових молекул і структур на основі генетичної інформації, закладеної в послідовності нуклеотидів ДНК.

Саморегуляція забезпечує здатність біологічних систем підтримувати *гомеостаз* – динамічну сталість хімічного складу та інтенсивність фізіологічних процесів власного внутрішнього середовища.

Гомеостаз – стан внутрішньої динамічної рівноваги біологічної системи, яка підтримується за рахунок постійного самооновлення і саморегуляції функціонування її компонентів.

В організмі людини гомеостаз різних параметрів (температура тіла, сольовий склад крові, артеріальний тиск, рівень глюкози в крові та ін.) забезпечується діяльністю регуляторних систем – нервової, ендокринної та імунної, які координують роботу систем органів кровообігу, дихання, травлення, виділення тощо, забезпечують взаємодію клітин і органів. Наприклад, нестача надходження будь-яких важливих поживних речовин мобілізує внутрішні ресурси системи для їх пошуку, а надлишок викликає запасання цих речовин. Саморегуляція забезпечує адаптацію організмів до зовнішнього середовища.

Популяції організмів також здатні певною мірою підтримувати гомеостаз в умовах регулювання стабільного рівня народжуваності і смертності.



Мал. 9. Механізми регуляції гомеостазу організму людини

Фундаментальні властивості (самовідтворення і саморегуляція) забезпечують на різних рівнях організації усі інші важливі (але похідні від них) характеристики життя: *обмін речовин* – реакції синтезу (фотосинтезу, хемосинтезу, синтезу білків) і розпаду (анаеробне і аеробне дихання); *подразливість* (реакції живого на зовнішнє подразнення); *спадковість і мінливість*; *індивідуальний розвиток (онтогенез)* – період життя організму від запліднення до природної смерті; *едність хімічного складу* та ін. Зауважимо, до складу живих організмів входять атоми тих самих хімічних елементів, що й до об'єктів неживої природи. Однак співвідношення цих елементів у живому та неживому не є однаковим – у живих організмах 98 % хімічного складу припадає на атоми чотирьох елементів-органогенів: Карбону, Оксигену, Нітрогену і Гідрогену.

Зазвичай ще говорять, що живе дихає і росте, проте наукова логіка вимушує зауважити, що дихання – це окисно-відновний процес, який має місце і в неживій природі (горіння, ржавіння та ін.); щодо росту (тобто, приросту маси і розмірів до певної межі), то кількісно збільшують ці параметри сталактити і бурульки в процесі кристалізації.

Дебати:

Наприкінці уроку об'єднайтеся у кілька груп по 4-6 учнів та обговоріть такі питання:

- Сукупність властивостей живої системи уможливорює чітко провести межу між живим і неживим. Про що свідчить той факт,

що ці самі властивості, взяті окремо, не завжди дають змогу провести таке чітке розмежування?

- Доведіть або спростуйте твердження: «Кожну з рис, характерних для живого організму, можна знайти в будь-якого неживого об'єкта». Наведіть приклади.
- Камінь, що впав, робився на безліч дрібних камінчиків. Чи можна цей процес назвати розмноженням? Відповідь обґрунтуйте.

Обміняйтеся думками та спробуйте дійти спільного висновку.

Опорні точки (висновки).

- До числа фундаментальних властивостей життя відносяться – самовідтворення, самооновлення і саморегуляція.
- Три фундаментальні властивості живої матерії забезпечують функціонування усіх рівнів організації життя; інші характеристики життя (обмін речовин; подразливість; спадковість і мінливість; індивідуальний розвиток (онтогенез); єдність хімічного складу) також важливі, але є похідними від фундаментальних.
- Гомеостаз – стан внутрішньої динамічної рівноваги біологічної системи, яка підтримується за рахунок постійного самооновлення і саморегуляції функціонування її компонентів.
- Підтримання гомеостазу – необхідна умова функціонування біологічних систем.

КРОК ЧЕТВЕРТИЙ: відтворюємо.

1. Які головні прояви життя обумовлюють процеси самовідтворення та саморегуляції?
2. Що таке гомеостаз?
3. Які системи забезпечують гомеостаз у вищих тваринних організмів?
4. Що таке подразливість?
5. Які процеси забезпечують обмін речовин та енергії?
6. Що таке онтогенез?

КРОК П'ЯТИЙ: застосовуємо.

1. Доповніть прикладами з попередніх курсів таблицю.

Розмноження живих організмів

Тип розмноження	Вид розмноження	Приклад
Нестатеве	Поділ клітини навпіл	
	Брунькування	
	Спороутворення	
	Вегетативне розмноження	
Статеве		

2. Складіть загальну схему обміну речовин та енергії гетеротрофного організму, використовуючи для цього такі складові: рідкі продукти обміну, мінеральні солі, вода, кисень, мінеральні солі (надлишок), органічні речовини, тепло (надлишок), вуглекислий газ, неперетравлені рештки їжі, організм.

3. Складіть загальну схему обміну речовин та енергії автотрофного організму, використовуючи такі складові: мінеральні солі, вода, кисень, світло, вуглекислий газ, організм.

КРОК ШОСТИЙ: пропонуємо, формулюємо гіпотези та шляхи їх розв'язання.

1. Обґрунтуйте, яке словосполучення з точки зору біології є помилковим: дитина росте; пустеля росте; сарана поширюється; бурулька на даху росте.

2. Поясніть чим ріст відрізняється від розвитку?

3. Доведіть, або спростуйте на прикладах вислів: «Живі організми та об'єкти неживої природи відрізняються співвідношенням хімічних елементів».

4. Чи можна стверджувати, що рух є обов'язковою властивістю живих організмів?

КРОК до ЗНО.

Вкажіть одну правильну відповідь:

- Укажіть назву процесу синтезу органічних речовин, який відбувається з поглинання енергії: а) травлення, б) всмоктування, в) асиміляція, г) дисиміляція

2. Ріст, що триває до певних меж: а) періодичний, б) обмежений, в) необмежений, г) безперервний
3. Укажіть, що таке енергетичний обмін: а) сукупність реакцій біосинтезу речовин у клітині, б) сукупність реакцій окиснення та розщеплення речовин у клітині, в) виділення організмом тепла в довкілля, г) виділення організмом вуглекислого газу під час дихання
4. Укажіть назву організмів, здатних синтезувати органічні речовини з неорганічних, використовуючи енергію світла: а) сапротрофи, б) автотрофи, в) гетеротрофи, г) хемотрофи
5. Час життя організму від утворення зиготи до смерті називають: а) ембріогенезом, б) філогенезом, в) онтогенезом г) постембріогенезом
6. Укажіть назву організму, для якого характерне брунькування: а) планарія молочно-біла, б) аскарида людська в) жабурниця г) гідра прісноводна
7. Тип розмноження за якого утворюється яйцеклітина: а) статеве, б) вегетативне, в) нестатеве, г) спороутворення
8. Розмістіть стадії розвитку мурахи від першої до останньої а) лялечка, б) доросла комаха (імаго), в) яйце, г) личинка
9. Установіть послідовність етапів метаболізму на рівні організму: а) травлення у шлунку, б) виведення з організму продуктів обміну, в) перетворення речовин в клітинах г) всмоктування поживних речовин
10. Встановіть відповідність між термінами прикладами

Вегетативне розмноження	Дріжджі
Поділ клітини навпіл	Пирій
Брунькування	Сфагнум
Спороутворення	Амеба протей

Дізнайтеся більше

У 1930 році у Лівані була випущена серія поштових марок, які зараз вважаються філателістичною рідкістю. На марці були зображені гусінь, кокон та імаго (метелик) шовковичного шовкопряда.

УЗАГАЛЬНЕННЯ З ТЕМИ «ВСТУП»

1. Дайте визначення термінам: біологія, екологія, біологічна система, екосистема, біоценоз, біогеоценоз, біосфера, саморегуляція, самовідтворення, самооновлення, гомеостаз.

2. Які переваги дає висока впорядкованість біологічним системам?

3. Чому будь-яка природна система має бути відкритою?

4. Назвіть критерії на підставі яких живі організми відрізняються від об'єктів неживої природи.

5. Як узгоджено працюють системи регуляції людського організму?

Заповніть таблицю:

Рівень організації живої природи	Біологічна система	Компоненти системи	Основні процеси
Молекулярний			
Клітинний			
Організмний			
Популяційно-видовий			
Біогеоценологічний			
Біосферний			

Які принципово нові властивості виявляються на кожному з рівнів організації.

Заповніть таблицю:

Рівень організації	Властивості живого

Визначте підпорядкованість рівнів організації біологічних систем один одному.

Запитання з «родзинкою»:

1. Це слово ви чуєте дуже часто, можливо щодня. Воно перекладається як домоведення (домознавство), якщо домом вважати всю нашу планету. Назвіть це слово.

2. Видатний геоботанік та еколог, один з основоположників учення про фітоценоз. Найбільша його заслуга – це створення біогеоценології, або вчення про біогеоценози. Назвіть цього вченого.

3. Німецький біолог, який запропонував назву цієї науки і так визначив її предмет: «вивчає взаємини тварини з органічним, неорганічним середовищем, що оточують її, зокрема її дружні або ворожі відносини з тими рослинами або тваринами, з якими вона входить в контакт». Назвіть науку та вченого.

Інтелект-розминка Біо+Еко

1. Назвіть термін, який починається з біо- або еко-

2. Сукупність всіх екосистем планети.

3. Угруповання популяцій рослин, тварин, грибів, мікроорганізмів пристосованих до спільного проживання на певній території в певних умовах.

4. Наука, що вивчає живі організми на всіх рівнях системної організації.

5. Живі організми, які використовують для визначення рівня забруднення довкілля.

6. Наука, засновником якої є В. М. Сукачов.

7. Ділянка абіотичного середовища, яку займає біоценоз.

8. Термін, запропонований Е. Геккелем, як назву науки про взаємозв'язки організмів з середовищем.

9. Сукупність організмів, що існують спільно та умов їх існування, що перебувають у закономірному взаємозв'язку одне з одним.

ТЕМА 1. БІОРІЗНОМАНІТТЯ

§ 4. БІОРІЗНОМАНІТТЯ: ЙОГО ТИПИ, ЗНАЧЕННЯ У ПРИРОДІ І ЖИТТІ ЛЮДИНИ

Терміни та поняття: біорізноманіття, типи біорізноманіття, моніторинг, Червона книга України.

КРОК ПЕРШИЙ: пригадуємо.

1. Яким терміном можна позначити процес історичного розвитку органічного світу?

2. Що таке стійкість екосистеми? Чим вона визначається?

3. Які нові види рослин чи тварин з'явилися в вашій місцевості за останні десятиліття? А які зникли?

4. Що, на вашу думку, впливає на чисельність та різноманітність видів на нашій планеті?

КРОК ДРУГИЙ: визначаємось (крок у майбутнє).

Для науки цей вид швидких та обережних копитних був відкритий у ХІХ ст. М. М. Пржевальським. Ще тоді його назвали ендемічним видом. У ХХ ст. кінь Пржевальського був винищений у природному середовищі, але зберігся в зоопарках, після чого відбулася його реінтродукція у природу. У 1998 р. коней Пржевальського завезли до зони відчуження Чорнобильської АЕС, де популяція живе самостійно без людського втручання. Тварини прижилися і на теперішній час кількість коней у зоні відчуження вже біля сотні, тобто є однією з найбільших у світі. Це єдиний представник ряду Непарнокопитних у дикій фауні України. Проте, як зберегти різноманітні види живих організмів, дати їм можливість існувати в природі, але при цьому не нашкодити екологічній рівновазі в цілому, ви дізнаєтесь з матеріалу уроку.

КРОК ТРЕТІЙ: навчаємось.

Біорізноманіття (біологічне різноманіття) характеризує процес еволюції, який відбувається на багатьох рівнях організації живого на Землі – від генів до екосистем. Біорізноманіття визначається кількістю і різноманітністю живих організмів. На сьогодні описано 1,7 млн

видів організмів, хоча на думку вчених їх число може становити до 30 млн. Серед них переважають одноклітинні тварини, бактерії, нижчі рослини і гриби.

Види розподілені нерівномірно по поверхні планети. Найбагатші за видовою різноманітністю екосистеми тропічних лісів та коралових рифів.

Науковці виокремлюють три основних типи біорізноманіття:

Біорізноманіття відображає кількість, різноманітність і мінливість усіх живих організмів; включає в себе різноманіття у межах виду (генетичне різноманіття), між видами (видове різноманіття) і між екосистемами (різноманіття екосистем).



Мал. 10. Біорізноманіття

- *генетичне* – сукупність генофондів (всіх алелей генів) різних популяцій одного виду. Цей тип біорізноманіття характеризує внутрішньовидову різноманітність, обумовлену мінливістю особин за показниками: середня гетерозиготність, число алелей на локус, генетичну відстань між популяціями. Різноманітність можливих комбінацій послідовності генів в популяції має сприяти еволюційним змінам, виживанню виду, адаптації до змін навколишнього середовища;

- *видове* – різноманітність видів живих організмів (рослин, тварин, грибів і мікроорганізмів), що населяють певну територію;

- *різноманітність екосистем* – сукупність унікальних екосистем (лісових, гірських, степових, болотних, морських, річкових та ін.).

Різноманітність екосистем відзначається не тільки за структурними і функціональними показниками їхніх складових, але й за масштабом – від біоценозу до біосфери. Унікальними з точки зору збереження біорізноманіття є екосистеми Українських Карпат, гірського Криму, Подільського Подністров'я, Полісся та інші.

Чим багатше біологічне і ландшафтне різноманіття, тим стійкіші екосистеми і біосфера в цілому

Усі три типи біологічного різноманіття взаємопов'язані: генетична різноманітність забезпечує різноманітність видів; різноманітність екосистем створює умови для підвищення видового різноманіття, збільшує загальний генетичний потенціал живих організмів екосистем біосфери. Кожен вид вносить свій внесок у різноманітність, і з цієї точки зору не існує непотрібних або шкідливих видів. Доцільно усвідомити, що в природі немає бур'янів чи шкідливих комах, вони створені еволюцією і потрібні природі, але перешкоджають людині вирощувати сільськогосподарські культури.

Значення біорізноманіття у природі і житті людини.

1. Біорізноманітність забезпечує адаптаційну стабільність і стійкість екосистем і біосфери в цілому, адже: поглинає і знешкоджує забруднення, стабілізує клімат, забезпечує біогенний колообіг хімічних елементів, складає рівні екологічної піраміди по трансформації речовини і енергії. Зміни біорізноманіття небезпечні тим, що мають незворотній характер. Кожен вид, яким би незначним він не здавався, робить внесок у забезпечення стійкості не тільки своєї локальної екосистеми, але і біосфери в цілому.

2. Практична цінність біорізноманіття полягає в тому, що є джерелом продуктів харчування, свіжого повітря, ліків, сировини для одягу, виробництва будівельних матеріалів і т.д. Біологічне і ландшафтне різноманіття має величезне значення для життя і відпочинку людини.

Основні причини зменшення біорізноманіття в Україні: зменшення площі (вирубування) лісів, високий рівень розораності земель, осушення боліт, спорудження дамб та гребель на річках, інтродукція (завезення) видів-чужинців, інтенсивне забруднення довкілля, розбудова гігантських промислових та енергетичних об'єктів, незаконне полювання та ін.

Збереження біорізноманіття. Моніторинг (система спостережень) за втратою біорізноманіття. Зникнення видів рослин і тварин, викликане діяльністю людини, є однією з глобальних проблем цивілізації. Першим кроком до збереження біорізноманіття є стеження (моніторинг) за змінами чисельності та розповсюдження видів. На його результатах базується природоохоронна діяльність – міжнародні та

національні програми, практичні заходи тощо. За даними моніторингу оцінюється ефективність вжитих заходів, і у разі потреби здійснюється їх корегування.

Моніторинг екологічний – комплексна система спостереження, оцінювання і прогнозування змін стану навколишнього природного середовища, що мають значення для людини та інших живих організмів.

Розрізняють види і рівні екологічного моніторингу. Залежно від мети різняться біологічний, хімічний, геофізичний, кліматичний, санітарно-гігієнічний види моніторингу. За масштабами виокремлюють три рівні екологічного моніторингу: глобальний (біосферний, міждержавний), регіональний (на рівні держави, області, району) і локальний (конкретний об'єкт уваги).

Моніторинг біорізноманіття є складовою біологічного моніторингу і базується на використанні біоіндикаторів. Біологічні індикатори (*біоіндикатори*) – види чи угруповання живих організмів, за наявністю, ступенем розвитку, зміною морфо-фізіологічних, генетичних чи інших ознак яких судять про стан, специфічні особливості і якість навколишнього середовища та його компонентів, про антропогенні зміни довкілля. Наприклад, лишайники є біоіндикаторами ступеня забруднення повітря (першими зникають кущисті лишайники, за ними – листоваті, а вже потім накипні). Таким чином, прогулюючись по парках чи скверах свого міста, за допомогою лишайників (їх кількості та розмірами), ми можемо визначити ступінь забрудненості повітря.

Важливе значення для збереження біорізноманіття мають міжнародні та державні закони і нормативні акти, які регулюють відносини між людиною і природою. Серед них: Міжнародна Конвенція про біорізноманіття, закони України «Про охорону навколишнього природного середовища», «Про охорону земель», «Про рослинний світ», «Про тваринний світ». Особливе місце займають *Червона книга України*, *Зелена книга України* – офіційні державні документи, де узагальнено матеріали про сучасний стан рідкісних рослин і тварин держави, на підставі якого розробляються наукові і практичні заходи, спрямовані на їх охорону, відтворення і раціональне використання для нинішніх та майбутніх поколінь.

Важливе значення для збереження біорізноманіття мають міжнародні та державні закони і нормативні акти, які регулюють відносини між людиною і природою. Серед них: Міжнародна Конвенція про біорізноманіття, закони України «Про охорону навколишнього природного середовища», «Про охорону земель», «Про рослинний світ», «Про тваринний світ». Особливе місце займають *Червона книга України*, *Зелена книга України* – офіційні державні документи, де узагальнено матеріали про сучасний стан рідкісних рослин і тварин держави, на підставі якого розробляються наукові і практичні заходи, спрямовані на їх охорону, відтворення і раціональне використання для нинішніх та майбутніх поколінь.



а)



б)

Мал. 11. а) Червона книга України; б) Зелена книга України

Зникаючі види, які занесені до Червоної і Зеленої книг України, стають об'єктом екологічної політики країни. Особливе місце займає *Червона книга України* – офіційний державний документ, де узагальнено матеріали про сучасний стан рідкісних рослин і тварин держави, на підставі якого розробляються наукові і практичні заходи, спрямовані на їх охорону, відтворення і раціональне використання для нинішніх та прийдешніх поколінь.

Зникаючі види, які занесені до Червоної і Зеленої книг України, стають об'єктом екологічної політики країни. Для їх збереження створюються природоохоронні території (біосферні заповідники, національні природні парки, заказники, регіональні ландшафтні парки), які забезпечують умови зменшення шкідливого антропогенного впливу на біологічні об'єкти, сприяють збереженню цілісності екологічних систем, де функціонують природні механізми відносин між біологічними видами.

Важливим заходом збереження біорізноманіття є дії по скороченню чисельності *інвазивних видів* (видів-чужинців) – видів тварин і рослин, штучно занесених людиною в нові для них регіони, де вони успішно приживаються, розмножуються і захоплюють



Мал. 12. Колорадський жук – інвазійний вид для України

нові території. Інвазивні («агресивні») види негативно впливають на місцеву флору і фауну, від чого стають шкідниками і карантинними об'єктами. Прикладом інвазійного виду для України є колорадський жук (був завезений в Європу кінці ХІХ з Північної Америки, поступово поширився, вперше в Україні був виявлений у 1949 році у Львівській області).

Опорні точки (висновки).

- Виокремлюють три основних типи біорізноманіття:
генетичне – сукупність генофондів різних популяцій одного виду; *видове* – різноманітність видів живих організмів (рослин, тварин, грибів і мікроорганізмів), що населяють певну територію; *різноманітність екосистем* – сукупність унікальних екосистем. Усі три типи біологічного різноманіття взаємопов'язані.
- Біорізноманітність забезпечує адаптаційну стабільність і стійкість екосистем і біосфери в цілому.
- Практична цінність біорізноманіття полягає в тому, що воно є джерелом продуктів харчування, свіжого повітря, сировини для різноманітного виробництва.
- Зміни біорізноманіття небезпечні тим, що мають незворотній характер.
- Першим кроком до збереження біорізноманіття є стеження (моніторинг) за змінами чисельності та розповсюдження видів.
- Залежно від мети різнять біологічний, хімічний, геофізичний, кліматичний, санітарно-гігієнічний види моніторингу.
- За масштабами виокремлюють три рівні екологічного моніторингу: глобальний, регіональний і локальний .
- Основними заходами для збереження біорізноманіття є: міжнародні та державні закони і нормативні акти, які регулюють відносини між людиною і природою та дії по скороченню чисельності інвазивних видів.

КРОК ЧЕТВЕРТИЙ: відтворюємо.

1. Що включає в себе поняття «біорізноманіття»?
2. Наведіть визначення основних типів біорізноманіття.

3. Який взаємозв'язок існує між трьома типами біологічного різноманіття?

4. Охарактеризуйте значення біорізноманіття у природі і житті людини.

5. Що таке моніторинг?

6. Які види і рівні екологічного моніторингу застосовуються для досліджень?

7. Що таке біоіндикація? Наведіть приклади відомих вам біоіндикаторів.

8. Охарактеризуйте основні заходи з збереження біологічного різноманіття.

9. Оцініть правильність тверджень:

а) раціональному використанню рибних ресурсів сприяє постійний вилов молоді риби;

б) інвазивні види завжди підвищують біорізноманіття і сприяють відновленню стійкості екосистем;

в) зникаючі види, які занесені до Червоної і Зеленої книг України, стають об'єктом екологічної політики країни;

г) моніторинг біорізноманіття є складовою біологічного моніторингу і базується на використанні біоіндикаторів;

д) біоіндикаторами можуть бути будь які живі організми.

КРОК П'ЯТИЙ: застосовуємо.

1. Поясніть, чому найбагатшими за видовою різноманітністю є екосистеми тропічних лісів та коралових рифів.

2. Наведіть приклади позитивного та негативного впливу на біорізноманіття інвазивних видів.

3. Складіть список видів - біоіндикаторів стану довкілля вашої місцевості.

4. Наведіть приклади рівнів екологічного моніторингу.

5. Коротко схарактеризуйте державні закони і нормативні акти, які регулюють відносини між людиною і природою.

6. Прокоментуйте відомий приклад: «У Єллоустонському національному парку (США) для збереження оленів вапіті знищили всіх вовків, але потім вимушені були їх завезти аж з Канади». Чому?

КРОК ШОСТИЙ: пропонуємо, формулюємо гіпотези та шляхи їх розв’язання.

1. Проведіть короточасні екологічні спостереження в одному з природних угруповань вашої місцевості:

- визначте видовий склад рослин досліджуваного природного угруповання;
- визначте видовий склад тварин досліджуваного природного угруповання;
- за результатами спостереження заповніть таблицю:

Видові назви вищих спорових рослин	Видові назви голонасінних рослин	Видові назви покритонасінних рослин	Видові назви безхребетних тварин	Видові назви хребетних тварин

- визначте екологічні фактори, які здійснюють вплив на угруповання, а саме на чисельність і різноманітність видів.

2. Дізнайтесь, які природоохоронні території наявні в вашій області, районі та підготуйте про них повідомлення, або створіть мультимедійну презентацію.

3. Закінчить речення: «Білий колір сторінок у цій книзі означає, що види занесені до них _____, зелений колір означає, що види _____, жовтий, що вони _____, а червоний - _____».

КРОК до ЗНО.

I. Тестові завдання з однією правильною відповіддю

1. Екологічним моніторингом називають:

- а) тривале спостереження за будь-якими об’єктами або явищами;
- б) зміну стану навколишнього середовища організмами;
- в) комплексну систему спостереження, оцінювання й прогнозування змін у довкіллі;
- г) експериментальну оцінку отриманих даних.

2. Екологічний моніторинг як інформаційна система є основою для:

- а) екологічного менеджменту;
- б) екологічного виховання та освіти;

- в) розробки системи природоохоронних заходів; г) екологічного аудиту.
3. Назвіть категорію державних установ, які охороняють окремі унікальні природні одиниці:
- а) природні національні парки; б) заповідні урочища; в) пам'ятки природи; г) заказники
4. Сукупність правових норм, які регулюють цивільні відносини в сфері взаємодії суспільства і природи, називають:
- а) екологічне право; б) паспортизація; в) сертифікація; г) екологічний аудит
5. Червона книга України – це:
- а) офіційний державний документ, де узагальнено матеріали про сучасний стан рідкісних рослин і тварин держави; б) список типових та рідкісних рослинних угруповань, що потребують охорони на території України; в) список видів рослин та тварин, що зникли з території України; г) список інвазивних видів рослин та тварин на території України.

II. Тестові завдання з кількома правильними відповідями

1. У Червоній книзі України виділені такі категорії видів, що потребують охорони:
- а) шкідливі; б) відновлені; в) недостатньо вивчені; г) вразливі; д) промислові; е) зниклі.
2. До Червоної книги занесені такі групи організмів:
- а) ціанобактерії; б) гриби в) водорості; г) вищі спорові рослини; д) гельмінти; е) хребетні тварини.
3. До природоохоронних територій належать:
- а) біосферні заповідники; б) природничі музеї; в) зоопарки; г) заказники; д) національні природні парки; е) природні резервати.
4. На території України наявні такі природоохоронні території, як:
- а) біосферні заповідники; б) природничі музеї; в) зоопарки; г) заказники; д) національні природні парки; е) природні резервати.
5. У справі збереження біорізноманіття уряд України керується положеннями:

а) Міжнародної Конвенції про біорізноманіття; б) Конституції України; в) Декларації прав людини; г) законів України «Про охорону навколишнього природного середовища», «Про охорону земель», «Про рослинний світ», «Про тваринний світ»; д) вчення В. Вернадського про біосферу; е) статуту Всеукраїнської екологічної ліги.

Дізнайтеся більше

У 1859 р. переселенцями в Австралії було випущено на волю 16 кроликів. Передбачалось, що така інтродукція не принесе великої шкоди, а стане лише ще одним джерелом м'яса і об'єктом для мисливців. Але до кінця ХІХ століття, в умовах відсутності природних ворогів, чисельність кроликів збільшилася настільки, що багато аборигенних видів рослин і тварин Австралії опинилися на межі зникнення. А ґрунти, позбавлені природного рослинного покриву, стали піддаватися найсильнішій ерозії. Лисиці, завезені для боротьби з кроликами, проблему не вирішили, а стали причиною катастрофічного зниження чисельності тасманійських дияволів і сумчастих мурахоїдів. Вчені для боротьби з кроликами вирішили використати вірус міксому, що викликає міксоматоз (летальне захворювання головному мозку та статевих органів). У 1950 р. за допомогою цього вірусу вдалося скоротити чисельність диких кроликів з 600 млн. до 100 млн. Але незважаючи на це проблема кроликів до сьогодні гостро стоїть в Австралії і Новій Зеландії.

Наука – практиці.

Сучасні вчені-екологи розробили ряд методик, які дозволяють за видовим складом рослин та тварин у водоймі визначити ступінь забруднення місцевих річок та озер. Ці методики не потребують складного дорогого обладнання та реактивів. Вони дозволяють ознайомитись з рослинним і тваринним світом водойм, провести попередню оцінку якості води в них, спрогнозувати перспективи. В певних випадках, отримані результати дозволять розпочати роботу із покращення екологічної ситуації у водоймі.

§ 5. СИСТЕМАТИКА ЖИВИХ ОРГАНІЗМІВ. ПРИНЦИПИ НАУКОВОЇ КЛАСИФІКАЦІЇ

Терміни та поняття: систематика, таксономічна ієрархія, бінарна номенклатура, філогенетична систематика, кладистика.

КРОК ПЕРШИЙ: пригадуємо.

1. Як ви розумієте термін «система органічного світу»?
2. Які організми і за якою ознакою відносять до прокариотів, а які – до еукариотів?
3. Назвіть основні ознаки відмінності рослин від тварин.
4. Назвіть ознаки відмінності грибів від інших живих організмів.
5. Яке місце, на вашу думку, займає людина в системі органічного світу?

КРОК ДРУГИЙ: визначаємось (крок у майбутнє).

Якщо вам потрібно навести лад у своїй кімнаті, або у своєму комп'ютері, то ви намагаєтесь все розкласти «по поличках», файлах, або папках. Наведення «ладу» у різноманітності живих організмів, а саме їх класифікація – одне з головних завдань біологічної науки і розв'язується воно протягом тривалого часу багатьма вченими. Але ще й до сьогодні не існує єдиного погляду на те, яким має бути остаточний варіант класифікації. Чому? Дізнайтесь на уроці.

КРОК ТРЕТІЙ: навчаємось.

Ми з вами продовжуємо поглиблювати знання про різноманітність живих організмів, яких описано близько 1,7 млн видів. Така величезна кількість організмів потребує класифікації на певні групи (таксони). Термін «біологічна класифікація» вважається синонімом терміну «систематика», і в науковій літературі переважно використовується саме другий термін – систематика. Першим етапом у становленні систематики стало розв'язання завдання створити зручну для огляду та використання науковцями класифікацію. Це був непростий історичний шлях, сповнений не тільки відкриттями, але й науковими суперечками та помилками.

Спочатку *Аристотель* поділив всі живі організми на два великих таксони – рослини і тварини.

Систематика – наука про різноманіття живих організмів, завданням якої є опис і упорядкування різноманітних існуючих і вимерлих видів, їх розподіл, (класифікація) на певні систематичні групи (таксони) та опрацювання їх еволюційних взаємин (філогенію).

Фундатором наукової систематики вважається *Карл Лінней*, який в своїй праці «Система природи» («*Systema Naturae*», 1735 рік) за основну одиницю біологічної класифікації узяв вид.

Видом він назвав групу особин, які подібні між собою, як діти одних і тих самих батьків. Подібні між собою види об'єднав у *роди*, подібні роди – у *ряди*, ряди – у *класи*.

К. Лінней поділив рослини на 24 класи за зовнішніми ознаками квітки; описав 4200 видів тварин, які розділив на шість класів: ссавці, птахи, амфібії, риби, черви та комахи. Лінней запровадив *бінарну* (подвійну) *номенклатуру* – називати усі організми латинською мовою двома словами. Перше слово – назва роду (пишеться з великої літери), друге – назва виду (пишеться з маленької літери). Людина за бінарною номенклатурою *Homo sapiens L.*: рід – Людина (*Homo*), вид – Людина розумна (*Homo sapiens*); латинська літера (*L*) в кінці вказує на автора визначення – Ліннея (*Linnaeus*).

Запропонована К. Ліннеєм систематика тварин і рослин сприяла подальшому розвитку біологічних наук, але вона не враховувала світ мікроскопічних організмів (цю «систематичну» групу Лінней назвав «хаос»).

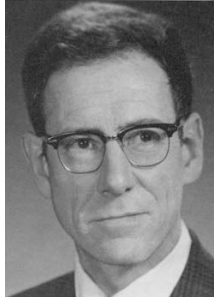
У 1866 р. *Ернест Геккель* описує три царства – Рослини, Тварини і Протисти (діатомові водорості, амеби, губки та деякі інші організми).

Тривалий час плідно використовували систематику *Роберта Уїттекера* (Whittaker R.H., 1969 р.), яка налічувала п'ять царств: 1) Монери (бактерії, ціанеї); 2) Протисти (одноклітинні еукаріоти); 3) Рослини (зелені, бурі і червоні водорості, мохи, судинні рослини); 4) Гриби (слизевики, ооміцети, хітриди, справжні гриби); 5) Тварини (багатоклітинні). Така схема є недосконалою, оскільки вже понад півстоліття шукають протистів – родичів рослин, протистів – родичів грибів чи тварин.

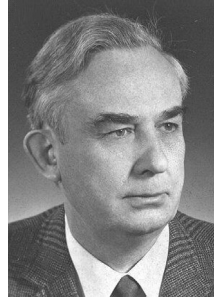
Під кінець ХХ століття накопичуються нові факти, висуваються нові гіпотези щодо виокремлення і назви певних таксонів. Проте,



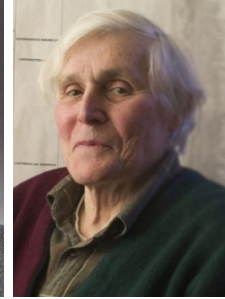
К. Лінней
(*C. Linnaeus*)
(1707-1778)



Р. Уїттекер
(*R. Whittaker*)
(1920-1980)



Віллі Хенніг
(*Willi Hennig*)
(1913-1976)



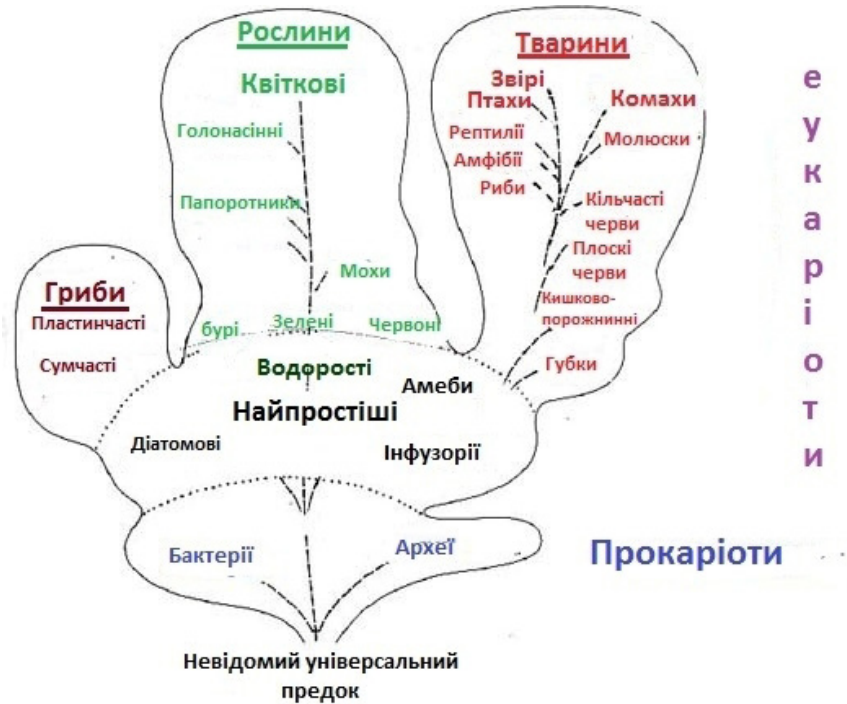
Карл Воуз
(*C. Woese*)
(1928-2012)

Мал. 13. Засновники сучасної систематики живих організмів

виокремлення царства Протисти (куди віднесли усіх одноклітинних еукаріот) до сьогодні викликає справедливі зауваження багатьох вчених, оскільки це лише ускладнює класифікацію і створює нові проблеми.

Із розвитком біохімічних методів, зокрема ДНК-секвенування (визначення послідовності нуклеотидів певної ділянки ДНК) та аналізу рибосомальної РНК (рРНК), набула розвитку молекулярна систематика, що визначає ступінь спорідненості таксонів на основі подібності консервативних генів (мають високу ступінь постійності нуклеотидного складу). Послугуючись цими фактами **Карл Воуз** (*C. Woese*, 1990) вибудовував систему з трьох доменів (Бактерії, Археї, Еукаріоти), яка в подальшому дозволила вченим будувати філогенетичні дерева («дерева життя») з метою пояснення еволюційних взаємин серед різних видів життя на Землі (як сучасних, так і вимерлих) (мал. 14).

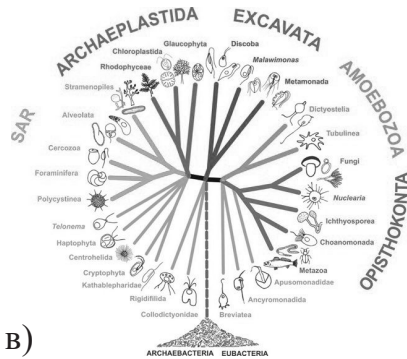
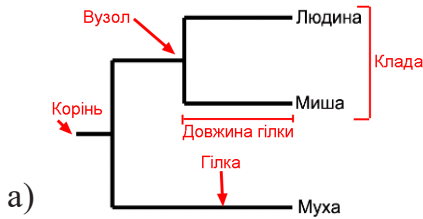
У сучасній філогенетиці домінує спеціальний підхід – *кладистика* (від грец. *kládos* – гілка; запровадив німецький вчений Віллі Хенніг) – організми класифікують ґрунтуючись на історії порядку, у якому вони відгалужувались від спільного предка в процесі еволюції. Результатом кладистичного аналізу є спеціальні діаграми («кладограми»), які віддзеркалюють гіпотетичні філогенетичні зв'язки між таксонами. У кладограмі всі таксони розташовані на кінцях гілок, і кожне розгалуження є дихотомічним (поділяється на два) (мал. 15).



Мал. 14. Філогенетична систематика (філогенетика) – схема еволюційних взаємовідносин між організмами, які походять від поки невідомого спільного предка прокаріотів

У кладистиці різнять монофілетичні і поліфілетичні групи організмів. *Монофілетичні групи* – походять від одного предка. Наприклад, всі істоти з роду *Ното* вважаються монофілетичним – мають спільного попередника з родини Гомініди, і невідомо жодних інших нащадків цього попередника. *Поліфілетичні групи* – включають окремих нащадків різних предків. Прикладом поліфілетичних груп є безхребетні, риби, плазуни та ін.

Вчені констатують, що єдиної загальноновизнаної схеми систематики живих організмів до сьогодні немає; кожна її сучасна наукова версія недосконала, носить тимчасовий характер (для зручності побудови теорій).



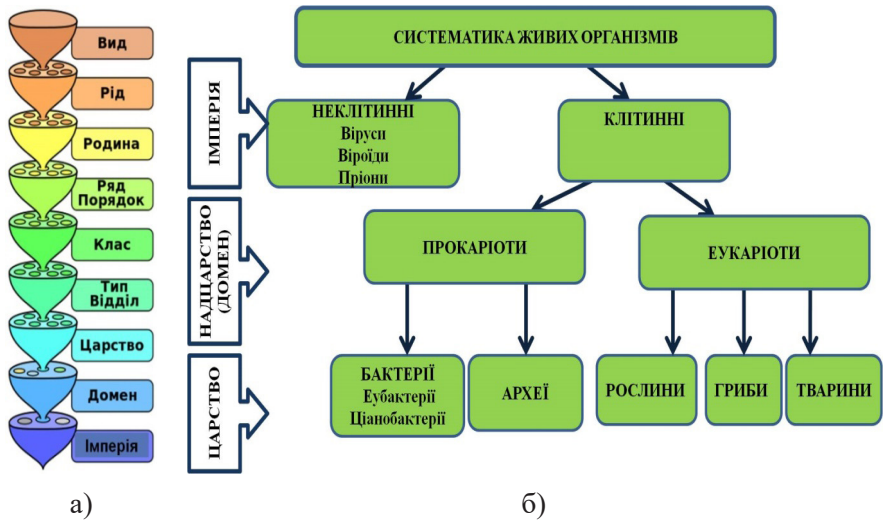
Мал. 15. Філогенетичне дерево («дерево життя»), кладистика:

а) – кладограма – спосіб знаходження філогенетичних зв'язків між таксонами: *клада* – група двох або більше таксонів (включає свого загального предка та усіх його нащадків); *корінь* – загальний предок; *вузол* – подальша існуюча група або предок; *гілка* – взаємовідношення між таксонами в назвах нащадків і предків; *довжина гілки* – число змін, які відбулися між таксонами;

б) – перше еволюційне дерево (*Tree of life*) Ч. Дарвіна (1837 р.); він написав «*I think* – я думаю» про своє перше еволюційне дерево (мал. 15 б);

в) – сучасна версія систематики еукаріот за результатами молекулярної філогеноміки – домен Еукаріоти поділяють не на царства, а на гілки – п'ять основних супергруп (Екскавати, Амебозої, Опістоконти, Архелластиди, SAR). Ця версія систематики знаходиться на стадії обговорення і доопрацювання

Невизначеність розв'язання проблеми систематики живих організмів можна подолати, виходячи з потреб освіти й практики. Більшість науковців і методистів пропонують зручну для роботи і навчання наукову систематику живих організмів з п'яти царств (Бактерії, Археї, Рослини, Гриби, Тварини), і ми теж будемо її використовувати (мал. 16 б).



Мал. 16. Сучасна систематика живих організмів:

- а) – таксони; окрім вказаних таксонів є групи таксонів нижчого рівня всередині рангу вищого (підтип, надклас, підклас, надряд, підряд та ін.);
- б) – узгоджена схема систематики живих організмів

Місце людини в систематиці живих організмів (мал. 17).

Царство	→	Тварини
Тип	→	Хордові
Клас	→	Ссавці
Ряд	→	Примати
Родина	→	Люди (Гомініди)
Рід	→	Людина
Вид	→	Людина розумна



Мал. 17. Місце людини (Homo sapiens) в систематиці живих організмів

Опорні точки (висновки).

- Систематика це – наука про різноманіття живих організмів, завданням якої є опис і упорядкування різноманітних існуючих і вимерлих видів, їх розподіл, (класифікація) на певні систематичні групи (таксони) та опрацювання їх еволюційних взаємин (філогенію).
- Існує кілька підходів до класифікації живих організмів, зокрема: молекулярна систематика, філогенетична систематика
- Молекулярна систематика - визначає ступінь спорідненості таксонів на основі подібності консервативних генів.
- Філогенетична систематика (філогенетика) – схема еволюційних взаємовідносин між організмами, які походять від поки невідомого спільного предка прокариотів.
- У сучасній філогенетиці домінує спеціальний підхід – кладистика – організми класифікують ґрунтуючись на історії порядку, у якому вони відгалужувались від спільного предка в процесі еволюції.
- У кладисциці різнять монофілетичні і поліфілетичні групи організмів. Монофілетичні групи – походять від одного предка. Поліфілетичні групи – включають окремих нащадків різних предків.
- У своїй навчальній діяльності ми будемо користуватись систематикою живих організмів з п'яти царств: Бактерії, Археї, Рослини, Гриби, Тварини.
- Сучасна систематика застосовує *бінарну* (подвійну) *номенклатуру*. Видові назви більшості організмів складаються з двох слів латинською мовою. Перше слово – назва роду, друге – назва виду.
- Основними принципами сучасної систематики є: узагальнення сукупності ознак організму на різних етапах онтогенезу (індивідуального розвитку); визначення спорідненості між видами, що відображає хід еволюції, узагальнення даних про схожість спадкового матеріалу; дотримання бінарної номенклатури, ієрархічності, філогенетичності.

КРОК ЧЕТВЕРТИЙ: відтворюємо.

1. Що вивчає така галузь біологічної науки, як систематика?
2. Як ви розумієте термін «таксон»? Які таксони застосовуються у сучасній систематиці?
3. Охарактеризуйте роль К. Ліннея у розвитку систематики.
4. Назвіть існуючі в науці підходи до класифікації живих організмів,
5. Хто є засновниками наукової систематики?
6. Наведіть приклади монофілетичних і поліфілетичних груп організмів.
7. Відтворіть схему класифікації живих організмів, яка є найбільш поширеною.

КРОК П'ЯТИЙ: застосовуємо.

1. Користуючись додатковою літературою прокласифікуйте види назви яких: конвалія травнева, плаун булавоподібний, ластівка міська, жук-олень.

2. Заповніть таблицю

Назва царства	Головні ознаки представників царства	Приклади представників царства

3. Порівняйте систематики К. Ліннея, Р. Уїттекера, Віллі Хенніга, Карла Воуза.

Що між ними спільного та відмінного?

4. Розмістіть наведені таксони класифікації тварин у порядку від найменшого до найбільшого та знайдіть, які систематичні категорії не використовуються у зоології.

КРОК ШОСТИЙ: пропонуємо, формулюємо гіпотези та шляхи їх розв'язання.

1. Деякі науковці виділяють в систематиці організмів царство Протисти, а інші відмовляють цьому таксону в праві на існування. Яка ваша точка зору з цього питання? Відповідь аргументуйте.

2. В роботі сучасного еволюціоніста Пітера Уорда «Еволюція майбутнього» наведена кладограма можливого еволюційного майбутнього для виду крук, або ворон чорний. На прикладі відомих форм птахів, які пристосовані до живлення різною їжею (мертвими тваринами, рибою, комахами, нектаром, рослинною їжею) автор намагається спрогнозувати утворення різних видів круків. Прокоментуйте цю кладограму, або запропонуйте свій варіант.



Мал. 18. Кладограма

КРОК до ЗНО.

1. Вкажіть три царства, на які розділив природу К.Лінней:
 - а) мінерали, рослини, тварини;
 - б) вода, земля, вогонь;
 - в) вода, земля, повітря;
 - г) атмосфера, літосфера, біосфера

2. Позначте назву таксономічної категорії, яку К. Лінней прийняв за головну одиницю класифікації живих організмів:

- а) ряд; б) рід; в) родина; г) вид

3. Укажіть, які принципи є основою природної систематики організмів:

- а) всі сучасні види є нащадками викопних форм, що зумовлено безперервністю життя;
б) до природної класифікації належать як існуючі, так і вимерлі види;
в) в основу класифікації можна покласти будь-яку ознаку, спільну для організмів;
г) видоутворення не припиняється, тому будь-яка систематика завжди буде штучною

4. Позначте прізвище засновника природної систематики організмів

- а) Ж. Б. Ламарк; б) К. Рулье; в) Теофраст; г) К. Лінней

5. Встановіть відповідність між назвами царств живих організмів та назвами представників, які до них належать:

- | | |
|-------------|----------------------------|
| 1. Тварини | а) фітофтора |
| 2. Рослини | б) вірус тютюнової мозаїки |
| 3. Гриби | в) медуза аурелія |
| 4. Бактерії | г) кишкова паличка |
| | д) хламідомонада |

Дізнайтеся більше.

Термін систематика означає «впорядковує». Інколи цю науку називають таксономією. Основними розділами систематики є класифікація і номенклатура. Класифікація – це процес встановлення і характеристики певних самостійних груп. Номенклатура – назви таксономічних груп. Класифікація повинна передувати назві, а не навпаки.

Одним з перших вчених хто спробував класифікувати тварин був Арістотель. В його першій класифікації він поділяв їх на крилатих і безкрилих, існуючих і міфічних. Теофраст (3 ст. до н.е.) здійснив класифікацію середземноморської рослинності в книзі «Природня історія», де виділив листяні, вічнозелені рослини, культурні та дикі, лікарські, квіткові та ін. Така класифікація ґрунтувалася, насамперед, на практичному

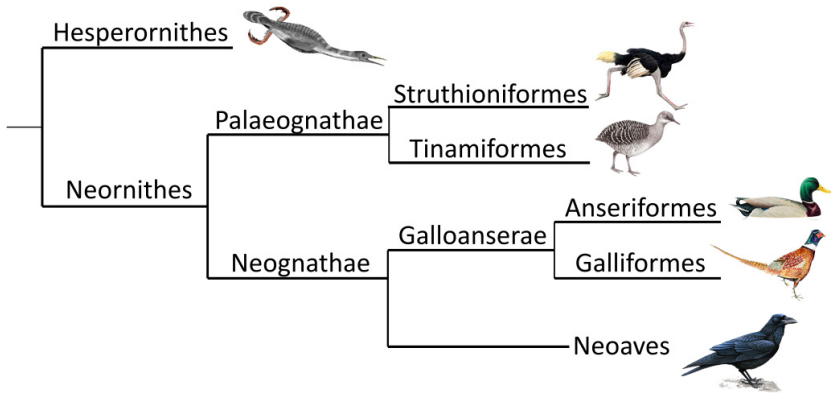
застосуванні рослин. Пліній Старший описав понад 1000 видів рослин. В епоху Середньовіччя з'явилися «травники» – книги з картинками та описами рослин до них. Перший ботанічний сад створено в Салермо в 1309 році, але в сучасному розумінні ботанічні сади були створені 1522 року в Падуї та 1544 р в Пізані. Ще одним досягненням, яке сприяло розвитку систематики, був винайдений Лукою Гінієм гербарій.

Першою систематикою рослин світу стала класифікація італійського ботаніка Чізальпіно 1583 р. в його шістнадцяти книгах «Про рослини». В них були описані близько 1000 видів рослин. Книги містять описи квіток, насіння, плодів. Але, як відмічалось раніше, фундаментальною працею з систематики стала робота шведського натураліста Карла Лінея «Систематика природи» (1735р.).

Наука – практиці.

Нові дані з систематики та еволюції птахів, які були отримані в рамках проєкту Genome 10k

В систематиці сучасних птахів є багато спірних та невирішених питань. Кожен раз з появою нових методів систематика птахів суттєво переглядалась. Нещодавно був зроблений ще один прорив в цьому напрямку: в рамках великого міжнародного проєкту було проведено



Мал. 19. Родинні зв'язки між птахами

прочитання повних геномних послідовностей представників майже всіх сучасних рядів птахів. Використання нових методів обробки даних дозволило уточнити родинні зв'язки птахів між собою та деякі особливості еволюції цієї групи.

У 2008 році було опубліковано масштабне дослідження, ґрунтоване на прочитанні великих частин геному деяких видів птахів, але не цілих ядерних геномів. Логічним продовженням цього стали роботи в рамках проєкту Genome 10k, започаткованого у 2009 р. Його метою було прочитання повних геномних послідовностей 10 тисяч видів хребетних тварин. Одним з дочірніх проєктів став Avian Phylogenomics Project, який відповідає за дослідження цим методом птахів. В цьому проєкті працюють сотні дослідників з більш ніж 200 країн. З огляду на постійний розвиток молекулярних методів свою ціль вони планують досягти протягом наступного десятиліття.

§ 6. ВИД ЯК БАЗОВИЙ БІОЛОГІЧНИЙ ТАКСОН. КРИТЕРІЇ ВИДУ. СУЧАСНІ КОНЦЕПЦІЇ БІОЛОГІЧНОГО ВИДУ

Терміни та поняття: вид, критерії виду, мікроеволюція, макро-еволюція.

КРОК ПЕРШИЙ: пригадуємо.

Визначення поняття «вид» за К. Ліннеєм.

Що ви вважаєте видом та чи існують види в природі реально?

КРОК ДРУГИЙ: визначаємось (крок у майбутнє).

Глибоководний апарат *Deep Discoverer* зробив відкриття: з його допомогою океанологи знайшли у водах Гавайського архіпелагу абсолютно незвичайного восьминога. Тварина не була описана раніше і не належить до жодного відомого виду: вона мешкає на неймовірній для головоногих глибині – більше 4000 м. У нього відсутні плавці, не розвинені м'язи і бракує пігментних клітин хроматофор – саме тому восьминіг майже прозорий і нагадує привида Каспера з діснеєвського мультяку. На честь його восьминіг і дістав свою назву.

Серед відкриттів останніх років є також два нові види морських ссавців, знайдених в Бенгальській затоці. Це дельфіни, споріднені білому китайському горбатовому дельфінові і індійській афаліні. Фахівці виявили в них ряд генетичних відмінностей, що дозволяють вважати цих ссавців представниками нових видів. Вчені вважають це природним процесом, оскільки у водах Бенгальської затоки існують особливі ізольовані умови, сприятливі для виникнення нових видів.

Отже, те, що здавалося б фантастичним – відбувається у наш час. Виникають нові види організмів, природа ілюструє свої безмежні можливості. Як відбуваються ці процеси? Який механізм їх рухає? Всі питання розкриті в цій темі.

КРОК ТРЕТІЙ: навчаємось.

Вид – основна структурна і таксономічна одиниця в систематиці живих організмів; складається з популяцій, які здатні еволюціонувати.

Ознаки, за допомогою яких один вид відрізняють від іншого, називають *критеріями виду*, серед них: морфологічний, генетичний,

Вид – сукупність особин подібних за будовою, які мають спільне походження, вільно схрещуються й дають плодовите потомство, займають у природі певний ареал. Вид складається з популяцій, які здатні еволюціонувати.

фізіолого-біохімічний, географічний, екологічний.

Морфологічний критерій заснований на розходженнях зовнішньої і внутрішньої будови організмів різних видів тварин і рослин. Особини

одного виду зазвичай морфологічно схожі.

Генетичний критерій заснований на головній властивості виду – його генетичній (репродуктивній) ізоляції від інших видів; обумовлений специфічним для кожного виду *каріотипом* (набором, числом і формою хромосом). Тварини й рослини різних видів майже ніколи не схрещуються між собою.

Фізіолого-біохімічний критерій враховує подібність процесів життєдіяльності (обмін речовин, подразнення, розмноження тощо), схожість хімічного складу у особин одного виду .

Географічний критерій пов'язує вид з ареалом, який він займає в природі.

Екологічний критерій враховує сукупність чинників зовнішнього середовища, необхідних для існування даного виду; взаємозв'язки та взаємовідносини з іншими видами.

Тільки за одним із критеріїв важко чітко різнити види між собою. Зокрема, морфологічну схожість мають різні види одного роду (наприклад, шість видів-двійників є у малярійного комара), але вони не схрещуються між собою. Біохімічні критерії (наприклад, співвідношення пуринових і піримідинових основ у молекулі ДНК) можуть бути різні у видів одного роду, проте види різних родів можуть мати схожі біохімічні характеристики. Тому для правильного встановлення видової приналежності доцільно використовувати сукупність критеріїв. Основним критерієм виду є здатність його особин схрещуватися і давати плодовите потомство.

Утворення видів як результат мікроеволюції

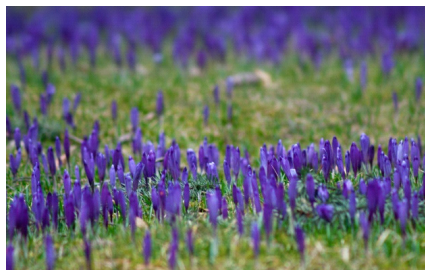
Вид виникає, розвивається, а при зміні умов існування може зникнути або перетворитися в результаті мікроеволюції в інші види. Вид складається з популяцій.

Популяція – сукупність особин одного виду, які мешкають на одній території, вільно схрещуються між собою й дають плодовите потомство. Популяція – елементарна еволюційна одиниця.

Елементарні еволюційні зміни починаються саме в популяціях.



а)



б)

Мал. 20. Приклади популяцій одного виду: а) тварин; б) рослин

Як коротко розказати про мікроеволюцію. Мутаційний процес у популяціях постачає новий матеріал, який збагачує генофонд і робить його більш різноманітним (гетерогенним). Мікроеволюційний процес починається з ізоляції популяцій і поступової зміни їх генетичного складу за рахунок накопичення і закріплення корисних мутацій в ізольованих частинах. Це призводить спочатку до *дивергенції* (утворення нових угруповань за рахунок розбіжності ознак), а потім – до видоутворення. Тобто, форми, що розходяться за новими ознаками, мають більше можливостей боротися за своє існування, виживати і залишати своє потомство з цими ознаками. Проміжні форми вимирають під дією природного добору.

Мікроеволюція – сукупність еволюційних процесів, які відбуваються всередині виду з причин його географічної чи біологічної ізоляції, змінюють генетичний склад популяцій і завершуються утворенням нового виду.

Отже, мікроеволюція – це сукупність еволюційних процесів, які відбуваються в популяціях ізольованого виду (мал. 21 а, б). Протягом десятків і сотень тисяч поколінь в ізольованих популяціях накопичуються істотні відмінності, що визначають неможливість схрещування особин з різних популяцій і призводять до виникнення нових видів.

ЕЛЕМЕНТАРНІ ЧИННИКИ МІКРОЕВОЛЮЦІЇ

Мікроеволюційний процес починається з ізоляції популяцій і поступової зміни їх генетичного складу за рахунок накопичення мутацій

✦ ХВИЛІ ЖИТТЯ
✦ ДРЕЙФ ГЕНІВ
✦ ІЗОЛЯЦІЯ

а)



б)

Мал. 21. Мікроеволюція: а) елементарні чинники мікроеволюції: хвилі життя, дрейф генів, ізоляція; б) різниця два способи ізоляції – географічний і біологічний (репродуктивний)

Елементарними чинниками мікроеволюції, які закріплюють появу нових генетичних змін в популяціях, є: 1) *Хвилі життя* – це коливання чисельності особин популяцій, обумовлені сезонними коливаннями чисельності особин, наявністю їжі, хижаків, паразитів, умов зимівлі, тощо. Різка зміна чисельності особин популяції змінює інтенсивність боротьби за існування, і в результаті – змінює інтенсивність природного добору частоти появи нових генів у генофонді. 2) *Дрейф генів* – перерозподіл генів і зміна їх частоти внаслідок випадкових схрещувань; 3) *Ізоляція* двох типів (географічна і біологічна) – створює неможливість схрещування між особинами одного виду.

Географічна ізоляція заснована на просторовій ізоляції. При цьому ареал вихідного виду розчленовується на окремі фрагменти, які повністю або частково ізолювані один від одного. Природний відбір в подібних фрагментах йде в різних напрямках. В результаті вид розпадається на географічні підвиди, які з плином часу можуть перетворитися на самостійні дочірні види. Прикладом географічного видоутворення є існування двох видів великих мартинів – мартина сріблястого і квочки-реготухи, що живуть на узбережжі Балтійського і Північного морів.

Біологічна ізоляція визначається біологічними відмінностями особин всередині виду; поділяється, в свою чергу, на екологічну (трофічну, сезонну і етологічну), морфологічну і генетичну (мал. 21 б).

Екологічна ізоляція виникає, коли всередині популяції виникають певні групи з різними вимогами до умов середовища: населяють різні місця в межах однієї дуже великої території (наприклад, одна група – на скелях, інша – в лісі); розмножуються в різні терміни (сезонна ізоляція спарювання тварин чи квітування рослин); живляться різними об'єктами (трофічна ізоляція); мають особливості поведінки організмів (етологічна ізоляція).

Приклади поведінкової (етологічної) ізоляції: 1) в озері Севан (Вірменія) мешкає кілька популяцій форелі, які живляться разом, однак кожна на нерест відправляється тільки в певну річку, чим і досягається репродукційна ізоляція; 2) неможливість спарювання особин з причин відмінностей у сексуальній поведінці (у співі чи шлюбних танцях самців птахів, забарвленні квітів чи особин тварин).

Прикладом трофічної ізоляції є види жука горохової зернівки, одні з яких живляться бобами гороху, інші – квасолі. В період розмноження внаслідок різного просторового розміщення кормових рослин ці популяції між собою не контактують.

Морфологічна ізоляція обумовлена особливостями будови і функціонування органів розмноження (квітки, статевих органів тварин), що змінює ймовірність схрещування.

Висновок: ізоляція як еволюційний чинник не створює нових генотипів або внутрішньовидових форм. Значення ізоляції в процесі еволюції полягає в тому, що вона закріплює і підсилює початкові стадії генотипового диференціювання. Виникнення надійної ізоляції між різними частинами виду означає початок його поділу на два або кілька видів. Ізоляцію тому й називають «пусковим механізмом видоутворювального процесу».

Макроеволюційні процеси – сукупність тривалих еволюційних перетворень надвидового рівня, які приводить до виникнення вищих систематичних груп (таксонів): з видів – нових родів, з родів – нових сімейств і т. д.

Макроеволюція – еволюційні перетворення надвидового масштабу, які приводять до утворення вищих систематичних груп (таксонів): з видів – нових родів, з родів – нових родин і т. д. Макроеволюція здійснюється на основі мікроеволюційних процесів.

В еволюційному процесі можна виділити два головні напрями: біологічний прогрес і біологічний регрес.

Біологічний регрес характеризується звуженням ареалу,

зменшенням чисельності виду, скороченням кількості популяцій і зменшенням систематичних одиниць, переважанням смертності над народжуваністю. Частіше регресу піддаються вузькоспеціалізовані види, які нездатні адаптуватися до умов навколишнього середовища.

Під *біологічним прогресом* розуміється збільшення чисельності таксона, розширення ареалу, зростання числа дочірніх таксонів. Основними шляхами досягнення біологічного прогресу (головними напрямками еволюції) є *ароморфоз*, *ідіоадаптація* і *дегенерація*.

Ароморфоз – шлях еволюції, що супроводжується значними змінами в будові організмів, підвищенням рівня їхньої організації (результатом є виникнення великих таксонів – типів, класів). Ароморфози дозволяють організмам освоїти нові місця проживання, розширити ареал. Приклади ароморфозу: утворення серця та його подальша еволюція; перетворення плавців риб на п'ятипалі кінцівки амфібій і рептилій; утворення тканин і органів у рослин, що забезпечило вихід їх із води на суходіл; поява кори головного мозку тощо.

Ідіоадаптація – супроводжується змінами організмів без підвищення рівня організації. Ідіоадаптації ведуть до збільшення видової різноманітності, швидкого зростання чисельності таксона. Типові приклади ідіоадаптацій: поява колючок і шипів у рослин; різні форми й розміри дзьоба у птахів та ін. У ссавців, що мешкають у воді (кито-подібні) й на суходолі, – рівень організації один (у будові, наприклад, органів кровообігу, дихання, виділення), а форми тіла, кінцівок – різні.

Дегенерація – спрощення рівня організації в результаті переходу до паразитичного або прикріпленого способу життя. Дегенерація пов'язана з крайньою спеціалізацією і часто супроводжується редукуванням окремих органів і систем. Приклади: у плоских червів (клас Стюжкові черви) редуковані органи чуття, травна система; рослина-паразит – вовчок

соняшниковий (листя позбавлене хлорофілу) та ін. Проте, загальна дегенерація багатьох паразитичних груп супроводжується їх значним біологічним прогресом.

Опорні точки (висновки).

Підведемо підсумки щодо розуміння сутності систематики і процесу видоутворення.

1) Систематика – наука, яка дозволяє: а) об'єднати одних живих істот у групи (таксони), відділити їх від інших таксонів, і зобразити це у вигляді зручної схеми (мал.16 а, б) чи філогенетичного дерева (мал. 14, 15); б) назвати кожну виокремлену групу латиною та державною мовою згідно вимог *біологічної номенклатури* – системи міжнародних правил (кодексів) наукового найменування організмів: «Міжнародного кодексу ботанічної номенклатури» (*ICBN*), «Міжнародного кодексу зоологічної номенклатури» (*ICZN*), «Міжнародного кодексу номенклатури бактерій» (*ICNB*), «Міжнародного кодексу класифікації та номенклатури вірусів» (*ICVCN*) та «Міжнародного кодексу номенклатури культурних рослин» (*ICNCP*).

2) Вид – сукупність особин подібних за будовою, які мають спільне походження, вільно схрещуються й дають плодовите потомство, займають у природі певний ареал; складається з популяцій, які здатні еволюціонувати.

Вид є основною структурною і таксономічною одиницею в систематиці живих організмів. Вид виникає, розвивається, а при зміні умов існування може зникнути або перетворитися в результаті мікроеволюції в інші види.

3) Мікроеволюція – сукупність еволюційних процесів, які відбуваються всередині виду з причин його географічної чи біологічної ізоляції, змінюють генетичний склад його популяцій і завершуються утворенням нового виду.

Виникнення надійної ізоляції між різними частинами виду означає початок його поділу на два або кілька видів. Саме тому ізоляцію називають «пусковим механізмом видоутворювального процесу». Отже, кожний вид реально існує, але є історично сформованою тимчасовою ланкою процесу еволюції.

4) Макроеволюція – сукупність тривалих еволюційних перетворень надвидового масштабу, які приводять до виникнення вищих систематичних груп (таксонів): з видів – нових родів, з родів – нових сімейств і т. д. Макроеволюція здійснюється на основі мікроеволюційних процесів.

КРОК ЧЕТВЕРТИЙ: відтворюємо.

1. Яким є сучасне визначення поняття «вид»?
2. Як називають ознаки, за допомогою яких один вид відрізняють від іншого? Назвіть їх.
3. Що таке популяція?
4. Що таке мікроеволюція? Відтворіть схему елементарних чинників мікроеволюції.
5. Назвіть фактор, що призводить до екологічного видоутворення. Як саме відбувається цей процес?
6. Поясніть сутність географічної ізоляції та географічного видоутворення.
7. Що таке макроеволюція і які головні напрями можна виділити в цьому еволюційному процесі?
8. У чому сутність біологічного прогресу і регресу? Наведіть відповідні приклади.
9. Назвіть ознаки та основні шляхи досягнення біологічного прогресу.
10. Якими ознаками характеризується біологічний регрес?

КРОК П'ЯТИЙ: застосовуємо.

1. Охарактеризуйте критерії виду, заповнивши таблицю:

Назва критерію	Характеристика	Приклад

2. Наведіть приклади сукупності еволюційних процесів, що відбуваються в популяціях одного виду.

3. Поясніть, чому процес видоутворення вважається незворотним?

4. Наведіть докази того, що всі людські раси належать до одного виду – Людина розумна.

5. Оцініть правильність тверджень:

- географічна ізоляція виникає у випадку, коли всередині території популяції формуються різні групи особин, кожна з яких має різні вимоги до умов існування;
- ізоляція не може виникати через різні терміни розмноження;
- ізоляція як еволюційний чинник не створює нових генотипів або внутрішньовидових форм;
- біологічна ізоляція визначається біологічними відмінностями особин всередині виду

КРОК ШОСТИЙ: пропонуємо, формулюємо гіпотези та шляхи їх розв’язання.

1. Еволюційні зміни майже не відобразилися у будові прокаріотів. За свідченням вчених, всі їх викопні форми не відрізняються від сучасних. Чим це пояснюється?

2. З наданого переліку виберіть ознаки характерні для біологічного прогресу та встановіть правильну послідовність подій, як це відбувається в природі: а) перевищення народжуваності особин над смертністю; б) скорочення ареалу виду; в) зниження чисельності особин виду; г) утворення нових популяцій; д) призводить до вимирання виду; е) розширення ареалу виду; ж) результатом є процвітанню виду; з) перевищення смертності особин виду над народжуваністю, і) збільшення чисельності популяції; к) зменшення числа таксонів.

КРОК до ЗНО.

1. Яка умова є необхідною для того, щоб популяція дала початок новому виду? а) генетична однорідність популяції; б) відсутність природного добору; в) вільне схрещування особин; г) ізоляція.

2. Еволюційні процеси, що зумовлюють утворення надвидових таксонів (наприклад: клас, рід, родина, тощо) – це: а) зміни темпів еволюції; б) мікроеволюція; в) макроеволюція.

3. Еволюційні процеси, що відбувається в межах виду і ведуть до його зміни та виникнення нового виду живих організмів, – це: а) зміни темпів еволюції; б) мікроеволюція; в) макроеволюція.

4. Позначте показник, який НЕ характеризує біологічний регрес:
а) зниження здатності організмів адаптуватися до змін умов середовища; б) збільшення чисельності особин; в) переважання смертності над народжуваністю; г) скорочення ареалу поширення.

5. Процвітання певної групи живих організмів, яке виявляється у чисельності популяції, розширенні ареалу, видоутворенні – це:
а) біологічний регрес; б) біологічний прогрес; в) видоутворення; г) макроеволюція.

6. Реально в природі існують: а) види; б) класи; в) родини; г) царства.

7. Зміни будови живих організмів, що не впливають на загальний рівень їх організації і є пристосуванням до конкретних умов, – це:
а) ароморфоз; б) мутагенез; в) дегенерація; г) ідіоадаптація.

8. Один із шляхів досягнення біологічного прогресу, що супроводжується значним ускладненням організації організмів: а) ідіоадаптація; б) загальна дегенерація; в) ароморфоз; г) біологічний регрес.

9. Ароморфозом є: а) поява яскравих квіток у комахоzapильних рослин; б) поява матки у ссавців; в) поява шкірно-легеневого дихання в земноводних; г) виникнення захисного забарвлення.

10. Ідіоадаптацією є: а) зміна забарвлення у комах у промислових районах міста; б) поява 4-х камерного серця у птахів; в) втрата органів травлення у стьожкових червів.

11. Дегенерацією є: а) утрата чотирьох пальців із п'яти у коней; б) утрата органів кровообігу і травлення у бичачого ціп'яка, в) утрата густого хутряного покриву у слона;

12. Установіть відповідність між назвами шляхів еволюції та наведеними прикладами:

1. ідіоадаптація;

А втрата органів травлення у паразитичних червів;

2. ароморфоз;

Б виникнення хлорофілу та фотосинтезу в процесі еволюції

3. дегенерація

В утворення хобота у слона;
Г схожість пуголовка жаби з рибою.

§ 7. НЕКЛІТИННІ ФОРМИ ЖИТТЯ: ВІРУСИ, ВІРОЇДИ, ПРІОНИ

Терміни та поняття: віруси, віроїди, пріони.

КРОК ПЕРШИЙ: пригадуємо.

Який тип взаємовідносин організмів називається паразитизмом? Згадайте адаптації паразитичних організмів до такого способу існування.

Чому віруси у загальній систематиці живих організмів віднесені до окремої імперії?

Які вірусні захворювання ви знаєте?

Чи існують природні механізми протистояння вірусам?

КРОК ДРУГИЙ: визначаємось (крок у майбутнє).

Майже не викликає сумнівів той факт, що всі організми на Землі є далекими родичами. Існує гіпотеза, що на початку розвитку життя на нашій планеті деякі віруси інтегрувалися у клітини бактерій і, у такий спосіб, утворилося клітинне ядро еукаріотів. Тоді виникає логічна проблема.

Людина – еукаріотичним організм, який еволюційно не може бути не пов'язаний із існуванням вірусів. Виникає проблема: як сприймати існування вірусів, як благо чи як зло? Адже, ті ж самі віруси забрали чимало людських життів під час епідемій вірусних хвороб. Чи можна вважати віруси «генетичним сміттям», яке заважає нормально жити?

Відповіді на ці полемічні питання ви отримаєте на сторінках посібника.

КРОК ТРЕТІЙ: навчаємось.

Усі живі організми на Землі поділяють на дві великі групи (Імперії) – Неклітинні і Клітинні. Віруси, віроїди і пріони в загальній схемі систематики (мал. 1б б) розглядають як представників неклітинних форми життя.

Віруси: хімічний склад, будова та життєвий цикл

Віруси (лат. *virus* – отрута) були відкриті у 1892 р. Д. І. Івановським під час вивчення хвороб тютюну, але побачили їх набагато

пізніше тільки в електронний мікроскоп. Вони настільки малі – від 20 до 300 нм (нанометрів), що спостерігати їх у звичайний світловий мікроскоп неможливо.

Віруси нездатні до самостійного розмноження поза клітиною хазяїна, тобто є облигатними внутрішньоклітинними паразитами на генетичному рівні. Термін «облигатний» (лат. *obligatus* – обов'язковий) засвідчує, що для вірусів така форма паразитизму – обов'язкова умова існування в природі.

Віруси умовно займають проміжне положення між живою і неживою матерією, оскільки: 1) багато з них у зовнішньому середовищі мають форму кристалів; 2) віруси не виявляють жодних ознак життя поза клітин організмів. Проте, як і всі живі об'єкти, віруси здатні до розмноження, успадковування ознак, мінливості, адаптації до умов навколишнього середовища. Розділ біології, що вивчає віруси, називається вірусологією.

Будова вірусів. Кожна вірусна частка складається з РНК або ДНК, укладеної в білкову оболонку, яку називають *капсидом*. За структурою та хімічним складом оболонки розрізняють віруси прості та складні. Оболонки простих вірусів складаються з повторюваних білкових субодиниць *капсомерів*, до яких входять одна, або кілька молекул білка.

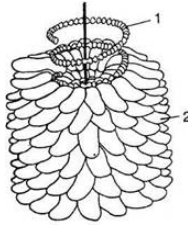
Багато вірусів мають ще одну ліпопротеїнову (білок у комплексі з ліпідами) оболонку, розташовану зовні капсида (*суперкапсид*). Такі віруси називаються складними. Білки капсида і ліпопротеїнової оболонки виконують такі функції: стабілізують і захищають нуклеїнову кислоту; є ферментами, що беруть участь у відтворенні вірусної частинки; розпізнають відповідну клітину-мішень.

Зріла сформована інфекційна частка називається *віріоном*. До складу вірусів входить один з двох видів нуклеїнових кислот – ДНК або РНК; ця ознака лежить в основі їх класифікації на ДНК-вмісні та РНК-вмісні. Переважна більшість вірусів відноситься до РНК-типу. РНК-вмісні віруси – єдині представники живого в природі, які мають генетичний матеріал, представлений РНК.

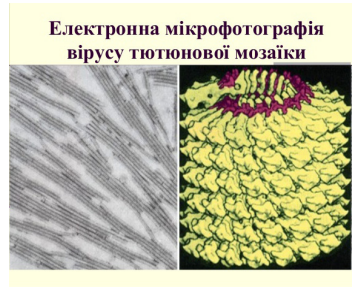
Вірус тютюнової мозаїки, перший з відкритих вірусів, має палочковидну форму і має вигляд порожнистого циліндра, стінка якого



а)



б)

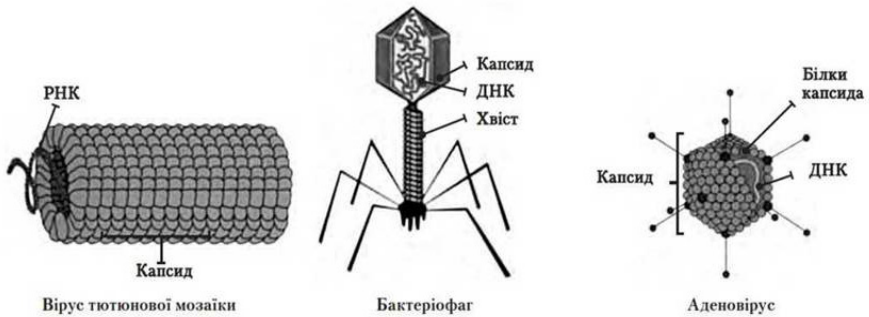


в)

Мал. 22. а) електронний мікроскоп ПЕМ100-01; б) модель та в) електронна мікрофотографія вірусу тютюнової мозаїки:
1 – РНК; 2 – молекули білків, що утворюють капсид

утворена молекулами білка, а в порожнині розташована спіраль РНК (мал.22 б, в).

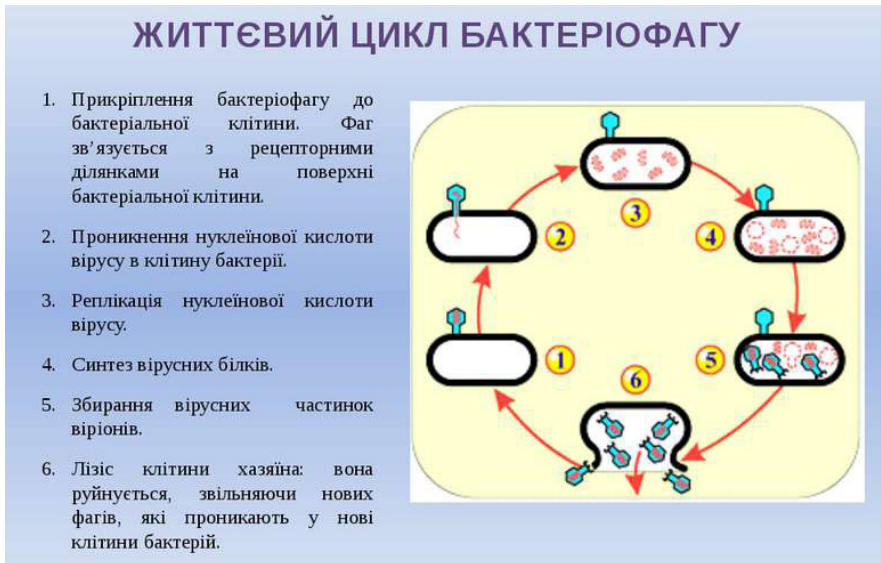
Бактеріофаги. Особливу групу представляють віруси бактерій – бактеріофаги, або фаги, які здатні проникати в бактеріальну клітину і руйнувати її. Тіло фага кишкової палички *Escherichia coli* (скорочено *E. coli*) складається з головки (в ній ДНК), від якої відходить порожнистий стрижень, оточений чохлам з скорочувального білка. Стрижень закінчується базальною платівкою, на якій закріплені шість ниток, за



Мал. 23. Різні типи вірусів

допомогою яких фаг прикріплюється до поверхні кишкової палички (мал. 23).

Життєвий цикл бактеріофагу складається з декількох етапів: починається з прикріплення вірусу до клітини, проникнення вірусної нуклеїнової кислоти в клітину, де відбувається редуплікація вірусного геному і самозбирання білків капсида; закінчується утворенням нових вірусів і руйнуванням клітини (мал. 24).



Мал. 24. Життєвий цикл бактеріофагу

Шляхи проникнення вірусів в організм хазяїна бувають різними. Віруси передаються від хворого організму до здорового повітряно-краплинним шляхом, тобто через органи дихання (віруси грипу, віспи, кору тощо). В інших випадках віруси проникають в організм хазяїна з їжею (наприклад, вірус ентериту собак або збудник ящура, який може передаватись із сирым молоком ураженої корови), через пошкоджену чи непошкоджену шкіру (віруси сказу, віспи, герпесу, папіломи тощо), під час переливання крові, хірургічних або стоматологічних операцій (збудники СНІДу, гепатиту В тощо), статевим шляхом (віруси герпесу, ВІЛу тощо).

Проникнення вірусу в організм хазяїна можливе і з участю переносників, якими можуть бути членистоногі (комахи та кліщі). Через укуси зі слиною кровосисних членистоногих у тіло людини потрапляють віруси кліщового енцефаліту (передають іксодові кліщі), жовтої пропасниці (немалярійні комарі) тощо. Віруси, які передаються людині та хребетним тваринам за участю членистоногих, називаються арбовірусами. За участю комах (попелиць, цикад), круглих червів (нематод) можуть передаватись і різноманітні віруси рослин.



Мал. 25. Повітряно-крапельний шлях розповсюдження вірусу грипу

Віруси, які проникли в організм хазяїна, поширюються по кровоносній, лімфатичній (віруси кору, віспи, кліщового енцефаліту, ВІЛу тощо) чи по нервовій (віруси сказу та поліомієліту) системах. Віруси рослин поширюються по провідних тканинах хазяїна.

Механізми проникнення вірусів в клітину: 1) шляхом злиття вірусних оболонок з клітинною мембраною (вірус грипу); 2) шляхом піноцитозу (вірус поліомієліту); 3) шляхом впорскування молекули нуклеїнової кислоти усередину клітини (бактеріофаги). Після прикріплення до поверхні бактеріальної клітини бактеріофаг шляхом скорочення чохла впорскує молекулу нуклеїнової кислоти усередину клітини. Порожня оболонка бактеріофага залишається зовні клітини хазяїна.

Таким чином, у взаємодії більшості вірусів і клітин-хазяїв розрізняють такі стадії:

- адсорбція віріону на поверхні клітини;
- проникнення віріону, або його нуклеїнової кислоти в клітину;
- депротейнізація – вивільнення вірусного геному;
- синтез «ранніх» вірусних білків;
- біосинтез компонентів вірусу: білків та нуклеїнової кислоти;

- самозбирання вірусів;
- вихід вірусів з клітини.

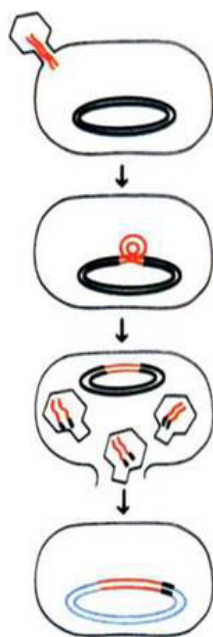
Віруси не тільки є інфекційними агентами, але й одним з видів біологічних мутагенів – викликають новоутворення, які успадковуються в наступних поколіннях. Існує наукова вірусна теорія раку (яка не спростована). Тобто, вірусна онкогенна ДНК здатна вбудовуватися в ДНК клітини-хазяїна і синтезувати нові білки, які змінюють властивості клітини (зокрема, перетворюють на ракові клітини, що набувають здатності необмеженого росту та частих поділів тощо). Отже, вірус – біологічний мутаген (спричинює зміну генотипу бактеріальної клітини) (мал. 26).

Вірус вводить певну кількість власної генетичної інформації (червоний колір) в генотип клітини-хазяїна. Виникають новоутворення, які успадковуються в наступних поколіннях. Вважається, що цей процес має важливе значення в еволюції прокаріот, оскільки віруси таким чином переносять генетичну інформацію між особинами різних видів (*горизонтальний перенос генів*).

Походження вірусів. Функціональна залежність розмноження вірусів від клітин дає підставу стверджувати, – віруси не могли з'явитися раніше клітин. У той же час здатність вірусу самостійно переходити від клітин до клітин забезпечує йому можливість самостійної еволюції (незалежної від еволюції клітини). Розглянемо основні гіпотези щодо походження вірусів:

1) віруси є нащадками первісних форм життя (протобіонтів які дали початок, з одного боку, клітинам, а з другого – вірусам, котрі з часом поселилися в клітинах і пристосувалися до існування в них);

2) віруси мають ендегенне походження (це колишні компоненти бактерій – плазміди чи інші генетичні клітинні структури), що відо-



Мал. 26

кремилися і стали автономними внутрішньоклітинними паразитами. На користь цієї теорії свідчать особливості будови вірусів-сателітів і віроїдів. Віроїди є паразитами рослин. Фактично це маленькі молекули РНК, які не мають клітинної оболонки, але ведуть себе як віруси. Вони здатні викликати певні симптоми захворювання й інфікувати неуразжені рослини.



Мал. 27. Збудники хвороб людини

Вірусні хвороби. Віруси викликають багато небезпечних захворювань людини: грип, кір, віспу, поліомієліт, свинку (ендемичний паротит), сказ, жовту лихоманку, СНІД. Викликають також небезпечні захворювання свійських тварин (ящур, чуму у свиней і птахів, інфекційну анемію у коней, рак та ін.) та багатьох сільськогосподарських рослин (мозаїчну хворобу тютюну, томатів, огірків; скручуван-

ня листя, карликовість, жовтяницю тощо). Зазначені хвороби різко знижують врожайність культур, призводять до масової загибелі тварин.

Рослини теж уражуються вірусами. *Вірусні захворювання рослин (жовтяниці і мозаїки).*



а)



б)

Мал. 28. Вірусні захворювання рослин: а) жовтяниця листків цукрового буряка; б) мозаїка листків огірка

Ці вірусні захворювання рослин передаються з соком хворих рослин під час пікіровки розсади, при пасинкуванні, щепленнях; комахами-шкідниками (попелицями, трипсами), червами (нематодами) чи грибами; посадці порізаних навпіл бульб картоплі, через насіння та ін. Віруси зимують в рослинах, в їх відмерлих залишках, в переносниках, в посівному і посадочному матеріалі.

Заходи боротьби: використання стійких до вірусів сортів; одержання безвірусного матеріалу шляхом термотерапії в умовах «ін вітро»; здійснення сівозмін (не висаджувати одні і ті сорти кожен рік на одному місці); очищення ділянок від хворих рослин; боротьба з переносниками і бур'янами та інші спеціальні заходи.

Віроїди відкрив у 1971 році Теодор Дінер (мал. 29 а), який вивчав інфекційне захворювання картоплі («веретеноподібність бульб») (мал. 29 б).



а) Теодор Дінер; б) «веретеноподібність бульб»

Віроїди за будовою – низькомолекулярні одноланцюгові молекули РНК, замкнені в кільце; містять від 250 до 375 нуклеотидів (набагато менше, ніж віруси) (мал. 30); на відміну від вірусів не мають білкової оболонки. Послідовності нуклеотидів віроїдів не кодують власних білків.

Віроїди потрапляють у клітину рослини-хазяїна під час вегетативного розмноження, за допомогою комах або механічним шляхом при пошкодженні тканин. Розмноження (реплікація) проходить за допомогою ферментів РНК-полімераз хазяїна. При цьому реплікація нуклеїнових кислот самої клітини-хазяїна пригнічується. Залишається невідомим, яким чином РНК віроїда, не кодуючи ніяких білків, може пригнічувати біохімічні процеси рослини, та яким чином при реплікації працює РНК-полімераза, якій за звичайних умов як матриця потрібна ДНК.

Віроїди можуть завдавати значних збитків рослинництву. Так за останні 50 років на Філіппінах загинули мільйони кокосових пальм від хвороби каданг-каданг, яку викликає віроїд.

Походження віроїдів невідоме. Деякі дослідники вважають їх представниками доклітинного «світу РНК», еволюційними реліктами. Але більшість сходяться на думці, що вони походять від вирізаних та замкнених в кільце *інтронів* або мобільних генетичних елементів –



Мал. 30. Схема будови віроїда (одноланцюгові молекули РНК замкнені, містять як комплементарні ділянки, так й некомплементарні (виокремлені жовтим кольором))

транспозонів, які втратили кодуючі послідовності. Доведено, що нові віроїди можуть утворюватись при рекомбінації.

Пріони (від англ. *proteinaceous infectious particles* – білкові заразні частинки) – особливий клас інфекційних агентів, які є низькомолекулярними білковими частинками без нуклеїнової кислоти. Ці частинки є збудниками важких захворювань ЦНС, м’язової, кровоносної та інших систем у людей і ряду вищих тварин (так звані «повільні інфекції»)

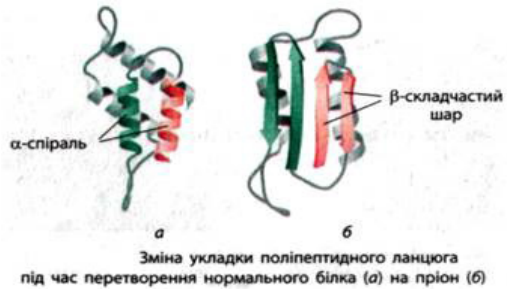
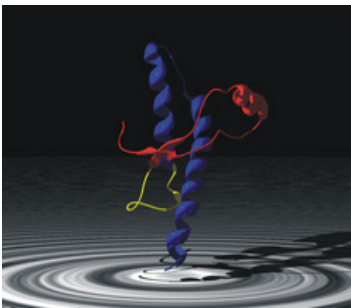


Мал. 31. Стенлі Прузінер

і завжди закінчуються летально. Відкриті пріони в 1982 р. американським біологом С. Прузінером.

Відомо біля 12 пріонних хвороб, шість з яких спостерігають у тварин. Шість хвороб описані і в людей (коров’ячий сказ або хвороба Крейтцфельда-Якоба, куру, синдром Альперса). Це хвороби із сповільненою дією, які часто призводять до порушень діяльності

ЦНС та смерті. Пріони подібні з вірусами і віроїдами тим, що мають малі розміри (проходять крізь бактеріальні фільтри), не здатні розмножуватися на штучних поживних середовищах, мають специфічне коло хазяїнів. Від вірусів відрізняються тим, що у пріонів немає власного геному. Пріонний білок має аномальну тривимірну структуру (мал. 32) і здатний безпосередньо каталізувати структурне перетворення гомологічного йому нормального білка в собі подібний (пріонний) шляхом



Мал. 32. Тривимірна модель пріону. Перехід α -спіралей нормального білка в патогенну β -складчатість

Властивості пріонів:

- пріони відрізняються за амінокислотним складом від білків, характерних для даного виду;
- стійкі до звичайних методів дезінфекції;
- ультрафіолетове, йонізуюче, мікрохвильове випромінювання на них майже не діє;
- стійкі до впливу високих температур (можуть переносити температуру близько +134 °С до 20 хвилин).

Мал. 33. Властивості пріонів

приєднання до білка-мішені і зміни його конформації (перехід α -спіралей білка в β -складчатість)

Шляхи перенесення фактора, що спричиняє хворобу, механізми проникнення пріонів в організм і патогенез захворювання вивчені поки недостатньо.

Опорні точки (висновки).

Основне про віруси:

1. Неклітинні форми життя; дуже малі розміри 10–275 нм; їх можна побачити лише під електронним мікроскопом.

2. Містять тільки одну з нуклеїнових кислот (класифікують: ДНК- або РНК-вмісні віруси); оточені білковою оболонкою (капсидом).

3. Внутрішньоклітинні паразити на генетичному рівні. Розмноження вірусів можливе лише в разі використання рибосом і ферментів клітин-хазяїна. Потрапивши у клітину, віруси змінюють обмін речовин у ній, і клітина сама починає синтезувати молекули нових вірусних часточок.

4. Біологічні мутагени (здатні вмонтовувати свою нуклеїнову кислоту в хромосоми ядра і успадковуватися клітиною).

Основне про віроїди та пріони:

Віроїди – низькомолекулярні одноланцюгові молекули РНК, замкнені в кільце; містять від 250 до 375 нуклеотидів.

Віроїди не мають білкової оболонки. Послідовності нуклеотидів віроїдів не кодують власних білків.

Пріони – особливий клас інфекційних агентів, які є низькомолекулярними білковими частинками без нуклеїнової кислоти.

Пріонний білок має аномальну тривимірну структуру і здатний безпосередньо каталізувати структурне перетворення гомологічного йому нормального білка в собі подібний пріонний шляхом приєднання до білка-мішені і зміни його конформації.

КРОК ЧЕТВЕРТИЙ: відтворюємо.

1. Чому віруси відносять до неклітинних форм життя?
2. У якому вигляді представлений у вірусах генетичний матеріал?
3. Що таке капсид та суперкапсид? Які функції вони виконують?
4. Охарактеризуйте шляхи проникнення вірусів в організм хазяїна.
5. Як відбувається проникнення вірусів у клітину?
6. В чому полягають особливості життєвого циклу вірусів?
7. Що таке пріони та чим вони небезпечні?
8. Чим пріони відрізняються від вірусів?
9. Яку роль відіграють пріони у природі та житті людини?
10. Що таке віроїди?
11. Охарактеризуйте віроїди як неклітинні форми життя.

КРОК П'ЯТИЙ: застосовуємо.

1. Порівняйте будову та особливості життєдіяльності вірусів, пріонів та віроїдів. Знайдіть спільні риси та відмінності між цими організмами.
2. Чи є спільні та відмінні риси в будові вірусів рослин і вірусів тварин? Відповідь обґрунтуйте.
3. Визначте, що є спільного у перебігу захворювань, які спричинені пріонами.
4. Поясніть особливості життєвого циклу пріонів.
5. Доведіть, що профілактика СНІДу має бути пов'язаною зі здоровим способом життя.
6. Доповніть речення:

Пріонні білки існують у _____ конформаціях: _____

Життєвий цикл пріонів здійснюється за допомогою _____

У нормальних умовах пріони _____

Пріони викликають захворювання _____

7. Заповніть (на вибір) одну з таблиць: «Вірусні захворювання людини», «Вірусні захворювання тварин», «Вірусні захворювання рослин» за зразком

Захворювання	Симптоми	Способи зараження	Заходи профілактики

КРОК ШОСТИЙ: пропонуємо, формулюємо гіпотези та шляхи їх розв'язання.

1. Визначте роль рухливих генетичних елементів у походженні вірусів.
2. Чим відрізняються механізми проникнення вірусів у клітини людини і тварин, рослин, бактерій? Відповідь обґрунтуйте.
3. Чому саме віруси можуть здійснювати горизонтальне перенесення генів від однієї систематичної групи організмів до іншої?
4. Створіть буклет, або мультимедійну презентацію про заходи профілактики вірусних захворювань.

КРОК до ЗНО.

1. Існування вірусів довів:
 - а) Л. Пастер; б) О. Флемінг; в) М. Амосов; г) Д. Івановський.
2. Віруси були відкриті у: а) 1892 р., б) 1992 р., в) 1535 р., г) 1813 р.
3. У зовнішньому середовищі віруси перебувають у вигляді:
 - а) білків, б) нуклеїнових кислот, в) віріонів, г) вібріонів.
4. Віруси складаються з: а) нуклеїнових кислот і ліпідів, б) нуклеїнових кислот і полісахаридів, в) нуклеїнових кислот і білків, г) нуклеїнових кислот і вуглеводів.
5. Інфекційні білкові частинки, що спричинюють захворювання нервової системи людини, що призводить до смерті: а) СНІД, б) пріони, в) віроїди, г) віруси.
6. Віруси – це: а) гетеротрофи; б) паразити на клітинному рівні; в) автотрофи; г) хижак
7. Бактеріофаги здатні вражати клітини:
 - а) грибів; б) тварин; в) бактерій; г) водоростей.

8. До складу вірусу не входить:
- АТФ;
 - ДНК;
 - РНК;
 - білки.
9. Складовою частиною вірусів є:
- ядро;
 - капсид;
 - рибосоми;
 - цитоплазма.
10. Визначте послідовність стадій життєвого циклу вірусу імунodefіциту людини.
- вихід вірусних частинок із клітини в кров;
 - потрапляння вірусу в організм, взаємодія з клітиною-хазяїном;
 - збирання вірусних частинок;
 - потрапляння вірусних частинок в організм іншої людини;
 - проникнення в клітину, синтез вірусних нуклеїнових кислот і білків.
11. Встановіть відповідність між термінами та визначеннями.
- | | |
|-----------------|--|
| 1. Віроїди | а) облігатні внутрішньоклітинні паразити на генетичному рівні. |
| 2. Віруси | б) особливий клас інфекційних агентів, які є низькомолекулярними білковими частинками без нуклеїнової кислоти. |
| 3. Бактеріофаги | в) низькомолекулярні одноланцюгові молекули РНК, замкнені в кільце; містять від 250 до 375 нуклеотидів. |
| 4. Пріони | г) віруси, що вражають бактерії. |

ДІЗНАЙТЕСЯ БІЛЬШЕ

СНІД (синдром набутого імунodefіциту, англ. *AIDS*) – інфекційне захворювання, збудником якого є вірус імунodefіциту людини (ВІЛ); вперше було зафіксовано в США у 1983 р. Будова ВІЛ: геном представлений двома копіями (ідентичними молекулами) РНК, які захищені білковим капсидом.

Сам по собі СНІД не є смертельною хворобою, але функціонування вірусу ВІЛ в організмі руйнує імунну систему людини так, що навіть проста нежить може призвести до смерті людини. ВІЛ руйнує Т-лімфоцити (відповідають за імунітет), і це призводить до втрати організмом захисних реакцій, внаслідок чого активізується так звана

умовно-патогенна флора організму і різко підвищується ймовірність смертельних запалювань, уражень нервової системи, розвитку онкологічних захворювань.

Джерелом інфекції є безпосередній носій ВІЛу. Зараження можливе лише при: 1) статевому контакті з інфікованим; 2) при переливання крові чи пересадці органів від інфікованого; при ін'єкційному вживанні наркотиків; 3) використанні в побуті інструментарію (для манікюру, педикюру, татуювання, гоління), де може міститися кров людини з ВІЛ; при кип'ятінні вірус гине миттєво; використовують спеціальні дезрозчини. Спирт не знищує ВІЛ; 4) при вигодовуванні грудним молоком інфікованою матір'ю малюка.

Якщо ВІЛ-інфікована жінка народжує дитину, то ця дитина не обов'язково може бути носієм вірусу. При проведенні антиретровірусної терапії ризик передати вірус від матері до дитини знижується.

ВІЛ не передається:

- через обійми або поцілунок (ВІЛ може передатися, якщо у обох партнерів є відкрита рана в ротовій порожнині);
- через рукостискання, кашель та чхання; через піт або сльози;
- при проживанні в одній квартирі; використанні спільної ванни або туалету, спільного посуду для їжі; користуванні спільним басейном;
- через укуси комах;
- при використанні спільного телефону.

Симптоми СНІДу: збільшення лімфовузлів, лихоманка, втрата 10% ваги тіла протягом двох місяців, слабкість. Доцільно пам'ятати, що для СНІДу характерний дуже тривалий інкубаційний період (з моменту ураження до появи перших ознак хвороби). У дорослих він складає в середньому 5 років. ВІЛ може зберігатися в організмі людини довічно. Це означає, що до кінця свого життя інфіковані люди можуть заражати інших (бути носіями ВІЛ).

Діагностика: можуть виявити його лише за допомогою дослідження крові пацієнта на наявність у ній антитіл (спеціальних захисних білків) до ВІЛ. Проте існує т.з. період «вікна» (від 2-х до 6 місяців) – час, коли ВІЛ вже є в крові людини, але аналіз на антитіла до нього ще є негативним. В цей період людина-носіє може передавати вірус іншим.

На сьогоднішній день ліків проти СНІДу ще не існує, а це значить, що необхідно не допустити поширення цього захворювання.

Гарантією безпеки від СНІДу є здоровий спосіб життя, міцність шлюбних стосунків, негативне ставлення до статевих збочень і розбещеності, випадкових статевих зв'язків. В якості особливого заходу профілактики слід звернути увагу на використання фізичних контрацептивів – презервативів.

..... **ДІЗНАЙТЕСЯ БІЛЬШЕ**

Ген, який кодує пріоновий білок (*PrNP*), міститься не у складі пріону, а в клітині. Пріонний білок, потрапляючи в організм, активує цей ген *PrNP* і зумовлює індукцію синтезу аналогічного білка.

При потрапленні в клітину пріон перетворює нормальний подібний до себе білок на інфекційну форму. При цьому амінокислотна послідовність первинної структури білка залишається незмінною, а змінюється його третинна структура. Пріонна форма білка може накопичуватись в клітині у вигляді кристалів та ниток – фібрил, які й спричинюють патологічні зміни. «Неправильні» молекули пріонів легко склеюються одна з одною і утворюють білкові бляшки на нервових клітинах, що призводить до виражених неврологічних симптомів (зниження тону м'язів, недоумство, втрата пам'яті і безсоння). Нейрони гинуть. На місці загиблої нервової клітини утворюється порожнина заповнена рідиною. Поступово мозок перетворюється на дірчасту субстанцію, схожу на губку, і людина (тварина) гине. Насамперед, це відбувається у нейронах головного мозку, що одержало назву губчаста енцефалопатія.

Наука – практиці.

Бактеріофаги застосовують як альтернативу прийому антибіотиків . Лікарські засоби на їх основі випускають у вигляді розчинів, таблеток і аерозолів, застосовуваних як внутрішньо так і зовнішньо.

Препарати бактеріофагів викликають загибель певного виду бактерій, при цьому не впливаючи на нормальну бактеріофлору і залишаючись стійкими до дії антибіотиків. Ефективність цих засобів стосовно збудників гнійно-септичних захворювань становить близько 75–90%, що є досить високим показником.

§ 8. ПРОКАРІОТИ – КЛІТИНИ БЕЗ ЯДРА. БАКТЕРІЇ, АРХЕЇ

Терміни та поняття: прокаріоти, бактерії, археї.

КРОК ПЕРШИЙ: пригадуємо.

1. Які рівні організації біологічних систем існують в природі?
2. Що є елементарною одиницею будови та функціонування всіх живих організмів, крім вірусів?
3. Наведіть приклади істот у яких клітинний рівень організації збігається з організовим. Чому їх можна вважати цілісними організмами?
4. Який процес лежить в основі розмноження клітин?
5. Що називають метаболізмом?
6. Поясніть терміни: автотроф, гетеротроф, аеробні організми, анаеробні організми.

КРОК ДРУГИЙ: визначаємось (крок у майбутнє).

Процес створення умов для появи життя на Землі тривав майже 1,5 млрд. років (з 4,5 млрд. років до 3 млрд. років тому). Основною гальмівною причиною появи живого була висока температура, ультрафіолетове випромінювання і первинна безкиснева атмосфера Землі, яка містила багато водню, метану, азоту і вуглекислого газу. Життя з'явилося у воді. Отже, можна припустити, що першими організмами, які з'явилися в анаеробних умовах у водоймах, були організми-хемосинтетики, здатні до виживання в екстремальних умовах і дихання в анаеробних умовах (у вигляді бродиння). Наступним етапом еволюції була поява організмів, здатних до фотосинтезу – синтезу органічних речовин і кисню із використанням енергії світла. Цей процес сприяв виникненню нового типу метаболізму – аеробного дихання. Науковці вважають, що вже понад 2 млрд. років тому вже існували усі відомі нині прокаріоти, які залучені до планетарних колообігів хімічних елементів і речовин.

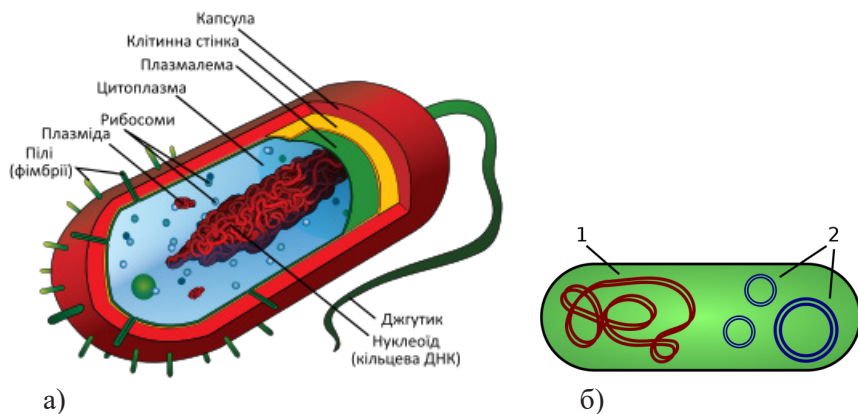
Як такі на перший погляд примітивні організми досягли значного еволюційного прогресу, дізнаємось з матеріалу цього параграфу.

КРОК ТРЕТІЙ: навчасьось.

Ми вже з вами вже дізналися (мал.16 б), що організми з клітинною будовою поділяють на два таксони: Прокаріоти і Еукаріоти. Прокаріоти (*Procaruota*, не мають оформленого ядра) і Еукаріоти (*Eucaryota*, мають оформлене ядро). Прокаріотів, у свою чергу, поділяють на два царства: Бактерії та Археї. Прокаріоти в природі зустрічаються повсюдно – у повітрі, воді, льодовиках, нафті, ґрунті, гниючих органічних залишках, в організмах тварин і людини. Зокрема, кількість бактерій в 1 г ґрунту може досягати сотень мільйонів і навіть мільярдів, що залежить від типу ґрунту.

БАКТЕРІЇ

Будова бактеріальної клітини (мал. 34). Розміри бактерій коливаються: довжина – від 0,3 мікрметра (мкм) до 10 мкм (рідко більше), ширина – 0,2-1 мкм. Отже, їх можна побачити у світловий мікроскоп. Більшість з них одноклітинні, але є багатоклітинні чи колоніальні форми. Клітинна стінка складається з біополімеру *муреїну*; виконує механічну і фізіологічну функції (захищає, забезпечує форму клітин, обмін речовин). На клітинній стінці можуть утворюватися тонкі вирости – *пілі* (або *фімбрії*), які забезпечують статеве розмноженням бактерій. За їх участю відбувається обмін спадковою інформацією



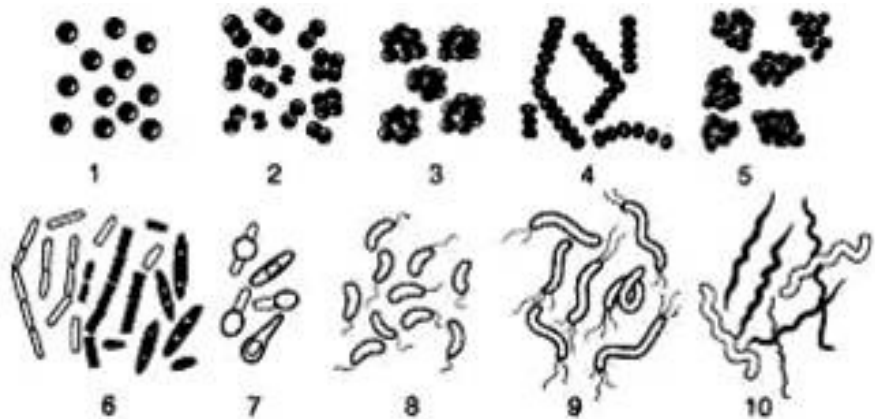
Мал. 34. Бактерія: а) загальна будова бактерії; б) нуклеоїд – хромосомна ДНК (1) і плазміди (їх може бути декілька) – плазмідна ДНК (2)

між бактеріями. Деякі бактерії вкриті зовні слизовою капсулою, яка забезпечує стійкість до несприятливих зовнішніх впливів (фагоцитозу, нестачі вологи, дії кислот, температури, ультрафіолету та ін.), і тим самим підвищує їхню хвороботворну активність щодо організму людини, тварин, рослин. Багато бактерій мають на поверхні ворсинки або джгутики, що забезпечують пересування організму.

Генетична інформація бактерій зберігається у вигляді *нуклеоїду* – кільцеподібної хромосоми (молекули ДНК) в цитоплазмі; у багатьох бактерій є також позахромосомні генетичні елементи – *плазмиди* (маленькі кільцеві молекули ДНК) (мал. 34 б).

Отже, в будові бактерій виділяють декілька обов'язкових клітинних елементів: клітинну стінку, цитоплазматичну мембрану, цитоплазму, нуклеоїд, рибосоми. Нуклеоїд не відмежований від цитоплазми ядерною оболонкою; клітини позбавлені більшості мембранних органел, притаманних еукаріотам (хлоропластів, мітохондрій, ендоплазматичної сітки, апарата Гольджі та ін.).

В основу класифікації бактерій покладені відмінності в морфології (мал. 35), реакції на фарбування за Грамом (мал. 36), диханні (аероби / анаероби), типах харчування, патогенності.



Мал. 35. Різноманітність бактерій за формою клітин: кулясті коки (1-5), паличкоподібні бацили (6,7); зігнуті вібріони (9); звивисті – у вигляді спіралі – спірохети і спірили (9, 10)



1953-1938
Крістіан Грам
(Hans Christian Gram)



Фарбування за Грамом:
Г(+) фіолетові, *Staphylococcus aureus*;
Г(-) червоні або рожеві, *Escherichia coli*

Мал. 36. Фарбування за Грамом (або метод Грама). Г(+) бактерії зберігають фарбник кристал-фіолет після промивання (мають фіолетовий колір. Г(-) не зберігають барвник

У 1884 р. данський мікробіолог Крістіан Грам розробив спосіб розрізнення бактерій за допомогою фарбування, який дозволяє надійно поділити бактерії на дві великі групи: Г(+) *Грам-позитивні* і Г(-) *Грам-негативні*), що розрізняються хімічними та фізичними властивостями і будовою їхньої клітинної стінки.

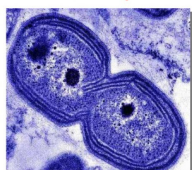
Для бактерій характерна також надзвичайна різноманітність типів й способів живлення: *фотоавтотрофне* (ціанобактерії), *хемоавтотрофне* (залізо-, сіркобактерії), *фотогетеротрофне* (пурпурні несірчані бактерії), *хемогетеротрофне* (сапротрофні, симбіотрофні бактерії).

Більшість прокаріотів є *аеробами*, але є й численна група *анаеробів*, які дістають енергію, необхідну для життя, завдяки процесам бродіння.

Розмноження бактерій. Бактерії розмножуються, як правило, безстатевим шляхом – поділом материнської клітини на дві дочірні, іноді брунькуванням. Поділ відбувається швидко і йому передують реплікація (самоподвоєння) ДНК. За сприятливих умов деякі бактерії діляться кожні 20 хвилин. За несприятливих умов (нестача їжі, втрата води, погодні умови, отруєння середовища різними речовинами) бактерії здатні формувати спори, які характеризуються стійкістю до фізичних

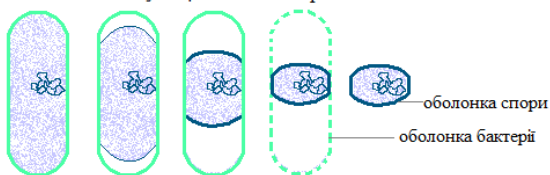
Розмноження бактерій

Поділ клітин,
за
сприятливих
умов кожні 20
хвилин



а)

Схема утворення спор



б)

Мал. 37. Безстатеве розмноження рослин:
а) поділ материнської клітини; б) утворення спор

і хімічних факторів (витримують тривале кип'ятіння, заморожування, висушування, дію різних хімічних речовин) (мал. 37).

У бактерій спостерігається статевий процес, але у примітивній формі. Статевий процес бактерій відрізняється від статевого розмноження еукаріот тим, що у бактерій не утворюється гамети і не відбувається злиття клітин. Головною подією статевого розмноження бактерій є обмін генетичним матеріалом (ДНК кільцевої хромосоми чи плазмід) через пілі. Цей процес називають *генетичною рекомбінацією* (коли частина ДНК від однієї бактерії переноситься до іншої бактерії). На сучасному етапі еволюція бактерій відбувається переважно за рахунок статевого процесу – горизонтального переносу генів, що дозволяє їм постійно пристосовуватися до нових антибіотиків, займати нові екологічні ніші, виробляючи нові ферменти для засвоєння нових поживних речовин.

Роль бактерій у природі і житті людини

Бактерії зазвичай малопомітні людиною, проте їхня загальна маса на планеті перевищує масу тварин, грибів і рослин разом узятих. Насамперед, слід відзначити роль ціанобактерій у формуванні сучасної кисневої атмосфери Землі. Це були перші фотоавтотрофних організмів первісних морів та океанів (здатних виробляти кисень в процесі до фотосинтезу).

Бактерії виконують важливу роль у колообігу речовин у природі (розкладають органічні рештки до мінеральних речовин, засвоюють азот повітря), забезпечують родючість ґрунту. Корисні копалини – залізни руди, нафта, газ – продукти діяльності бактерій у давні геологічні епохи.

Завдяки швидкому росту й розмноженню бактерії *Escherichia coli* (кишкова паличка) активно застосовується в наукових дослідженнях з молекулярної біології, генетики, та генної інженерії.

Мікробіологічна і харчова промисловість – це галузі промисловості, у якій використовують діяльність бактерій для одержання цінних харчових продуктів (сир, йогурт, кефір, оцет, квашена капуста, харчові добавки та ін.), ліків (антибіотики, вітаміни та ін.), різних органічних речовин (кислот, спиртів, кетонів, метану, водню тощо). Отримання виробів зі шкіри, льону також не обходиться без діяльності бактерій. Перспективним напрямком використання бактерій є збагачення руд за допомогою сіроокислюючих бактерій, очищення бактеріями забруднених нафтопродуктами ґрунтів і водойм.

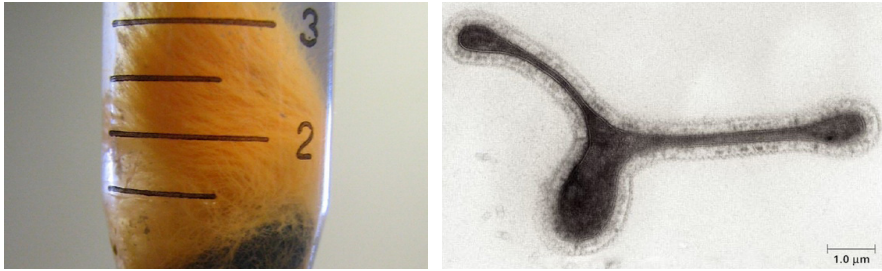
Якщо в людський організм потрапить одна бактеріальна клітина й знайде сприятливі умови для поділу, то вже за декілька годин з неї може утворитися декілька мільярдів. Небезпечні для організму людини бактерії, які викликають інфекційні хвороби: кишкові інфекції з фекально-оральним механізмом передачі (дизентерія, сальмонельози, ботулізм, лептоспіроз, бруцельоз, холера та ін.); інфекції дихальних шляхів з повітряно-крапельним механізмом передачі (туберкульоз, дифтерія, скарлатина, кашлюк, пневмонії та ін.); інфекції зовнішніх покривів (сифіліс, гонорея, правець та ін.) та інші.

Отже, життя на Землі неможливе без бактерій, оскільки з ними пов'язані хімічні перетворення, що не можуть здійснити ні археї, ні еукаріоти.

АРХЕЇ (від грец. *археос* – старий) – мікроскопічні одноклітинні без'ядерні організми, що за деякими генетичними і біохімічними ознаками (організація рибосом, присутність особливих білків та ін.) відрізняються від бактерій та еукаріотів.

Археї відкрито у 1977 р. Карлом Воузом, що дозволило виділити їх в окремий таксон – Археї (мал. 16 б). Раніше архей об'єднували з бактеріями у загальну групу – царство Дроб'янки (лат. *Monera*), проте нині така класифікація вважається застарілою. Археї мають незалежну еволюційну історію, характеризуються генетичними і біохімічними особливостями.

Це найменш вивчена найдавніша група клітинних організмів. На сьогодні описано близько 50 видів археїв із доволі незвичною різноманітною формою клітин (мал. 38). Отже, за формою клітин відрізнити археїв від бактерій складно.



а)

б)

Мал. 38. Археї: а) ниткові колонії Археїв із холодних метанових джерел із дна океану; б) Піродиктиум (*Pyrodictium*), живуть у термічних джерелах при температурах 100-105 °С.

Багато археїв поширені там, де життя інших організмів неможливе – живуть за дуже високих температур в гейзерах (вище від 100 °С), знайдені в дуже холодних середовищах або в надзвичайно солоній чи кислій воді. Основна роль археїв у природі пов'язана з їхньою участю в колообігу хімічних елементів (Нітрогену, Карбону, Гідрогену).

Багато симбіотичних видів археїв знайдено в товстому кишечнику людини, травних трактах жуйних тварин (де вони розщепляють целюлозу). Археї не патогенні, і невідомо, щоб які-небудь з них спричиняли хвороби. Археї зберігають свою активність і в умовах високої температури, кислотності середовища, що застосовують у біотехнологічних процесах. Зокрема, метаногенні археї використовують у виробництві біогазу і для очищення стічних вод.

Основні особливості археїв пов'язані з хімічним складом і процесами життєдіяльності. Це відсутність у клітинній стінці пептидогліканів, наявність у геномі інтронів та унікальних нуклеотидних послідовностей у генах рРНК і тРНК. Окрім того, основою клітинної мембрани археїв є мономолекулярний шар ліпідів; лише серед археїв є види, здатні до утворення метану під час життєдіяльності; завдяки

особливим білкам ДНК є стійкою до денатурації; у них не утворюються спори та ін. Археї розмножуються нестатево: поділом навпіл, фрагментацією та брунькуванням.

Отже, відкриття архей є важливою подією в біології, оскільки дають змогу зрозуміти еволюцію життя та існування біосфери на сучасному етапі її розвитку.

Опорні точки (висновки).

- Прокаріоти – це живі одноклітинні, або колоніальні організми, які не мають оформленого ядра.
- Прокаріотів поділяють на два царства: Бактерії та Археї.
- В будові бактерій виділяють декілька обов'язкових клітинних елементів: клітинну стінку, цитоплазматичну мембрану, цитоплазму, нуклеоїд, рибосоми.
- Генетична інформація бактерій зберігається у вигляді *нуклеоїду* – кільцеподібної хромосоми (молекули ДНК) в цитоплазмі; у багатьох бактерій є також позахромосомні генетичні елементи – *плазмиди* (маленькі кільцеві молекули ДНК)
- В основу класифікації бактерій покладені відмінності в морфології, реакції на фарбування за Грамом, диханні (аероби / анаероби), типах харчування, патогенності.
- Бактерії розмножуються, як правило, безстатевим шляхом – поділом материнської клітини на дві дочірні, іноді брунькуванням. Також спостерігається статевий процес, але у примітивній формі.
- За несприятливих умов бактерії здатні формувати спори. У спорах бактерії можуть знаходитись у стані спокою тривалий час.
- Життя на Землі важко уявити без бактерій, оскільки з ними пов'язані хімічні перетворення, що не можуть здійснювати інші організми.
- Археї це – найдавніші мікроскопічні одноклітинні без'ядерні організми, що за деякими генетичними і біохімічними ознаками відрізняються від бактерій та еукаріотів.
- Багато архей поширені там, де життя інших організмів неможливе.
- Особливості будови та життєдіяльності архей дають змогу зрозуміти еволюцію життя та існування біосфери на сучасному етапі її розвитку.

КРОК ЧЕТВЕРТИЙ: відтворюємо.

1. Які групи організмів належать до прокаріотів?
2. Охарактеризуйте будову бактеріальної клітини.
3. Які способи розмноження притаманні бактеріям?
4. Яку роль виконують бактерії у колообігу речовин у природі?
5. У яких галузях промисловості, використовують діяльність бактерій? Наведіть відповідні приклади.
6. Наведіть приклади шляхів поширення бактеріальних захворювань людини.
7. Охарактеризуйте відомі вам профілактичні заходи в місцях, де можливе зараження бактеріальними інфекціями.
8. Чому Археї виділені в окреме царство живих організмів?
9. Яке значення має відкриття та дослідження архей?

КРОК П'ЯТИЙ: застосовуємо.

1. Складіть схему класифікації бактерій за різними ознаками.
2. Які органилі відсутні у бактерій і як це відображається на їх життєдіяльності?
3. Запропонуйте певні групи бактерій для отримання: молочнокислих продуктів, оцту, біологічно активних речовин.
4. Чому на полях висівають конюшину як попередник культурних рослин?
5. Наведіть приклади колообігів за участю бактерій.
6. Чим відрізняються бактерії автотрофи від гетеротрофів, а також бактерії аероби від анаеробів?

КРОК ШОСТИЙ: пропонуємо, формулюємо гіпотези та шляхи їх розв'язання.

1. Підготуйте інформаційний матеріал у формі реферату, або мультимедійної презентації про розвиток вітчизняної бактеріології.
2. Чи можливе нормальне функціонування людського організму без жодної бактерії в ньому? Відповідь обґрунтуйте.
3. В чому полягають особливості розмноження бактерій і чому не можна тривалий час застосовувати для лікування бактеріальних хвороб одні й ті ж препарати (зокрема антибіотики)?

4. Як за допомогою бактерій можна очистити водойми та позбавитись органічних відходів?

КРОК до ЗНО.

1. Клітини прокаріотів, які мають спіральну форму:
а) коки; б) спірили; в) вібріони; г) бацили.
2. Вкажіть основну ознаку прокаріотів:
а) відсутність пластид; б) відсутність мітохондрій; в) відсутність оформленого ядра; г) наявність рибосом.
3. У процесі хемосинтезу нітрифікуючі бактерії окиснюють:
а) солі Феруму; б) амоніак; в) сірководень; г) чадний газ.
4. Що собою являють плазміді?
а) ділянки молекули ДНК; б) один ланцюг молекули ДНК;
в) молекули рРНК; г) кільцеві молекули дволанцюгової ДНК;
д) молекули і РНК
5. Плазміді виконують такі функції:
а) кодують додаткові властивості бактерій; б) забезпечують стійкість до несприятливих умов; в) беруть участь у розмноженні; г) беруть участь у перетворенні речовин
6. Виберіть характеристики нестатевого розмноження бактерій:
а) воно є еволюційно первинним; б) підвищує генетичну різноманітність усередині виду; в) нові ознаки з'являються тільки як результат мутації; г) утворюються генетично ідентичні потомки
7. Укажіть, у яких випадках можна побачити бактеріальну клітину:
а) без збільшувальних приладів; б) розглядаючи в лупу в) використовуючи світловий, або електронний мікроскопи; г) взагалі неможливо.
8. Укажіть, з якими рослинами можуть вступати в симбіоз азотфіксуючі бактерії:
а) картопля; б) кукурудза; в) пирій; г) соя.
9. За сприятливих умов деякі бактерії діляться кожні:
а) 20-30 хв.; б) 1,5-2 год.; в) постійно; г) 60 сек.
10. Прокаріотів поділяють на царства:
а) Слизовики і Бактерії; б) Бактерії і Ціанобактерії; в) Бактерії та Археї; г) Археї та Ціанобактерії.

11. Ціанобактерії належать до прокаріотів, тому що:
 - а) вони фотосинтезують; б) у них немає оформленого ядра;
 - в) мають фотосинтетичні мембрани; г) синтезують вуглеводи
12. Оберіть правильну відповідь (варіантів може бути кілька). Бактерії беруть участь у природних процесах: а) мінералізації органічних решток; б) фіксації атмосферного азоту; в) фотосинтезу; г) вегетативного розмноження
13. Оберіть неправильні твердження: а) виготовлення твердих сирів проходить за участі грибів і бактерій; б) біотехнологічні процеси проходять без участі живих організмів; в) за участі бактерії кишкової палички одержують інсулін; г) для випікання хліба використовують дріжджі.

ДІЗНАЙТЕСЯ БІЛЬШЕ

1. Однією з основних екологічних проблем, що стоять перед людством, є проблема очищення природних водойм зі стоячою водою. Спільне використання певних гетеротрофних і автотрофних бактерій дозволило досягти успіху, оскільки бактерії в природі успішно справляються з очищенням води, нормалізують її кислотність, розкладають придонні відклади, в результаті чого нормалізується життєдіяльність всіх мешканців водойм. Крім того, є бактерії, які успішно використовують для очищення в ґрунті і води при потраплянні туди нафти і нафтопродуктів.

2. Мікробіологи в університеті Південної Кароліни виявили бактерію, здатну виробляти енергію, харчуючись токсичними відходами, такими проблемними як поліхлоровані біфеніли і агресивні розчинники.

Наука – практиці.

Молочнокислі бактерії використовуються при сквашуванні молочних продуктів та овочів, переробці какао-бобів, виготовленні деяких видів тіста. Бродильна закваска з молочнокислими бактеріями використовується в хлібопекарській промисловості, особливо при випічці житніх хлібів. Використання пропіоновокислих бактерій при виготовленні твердих сичужних сирів дозволяє отримати продукт високої якості з заданими властивостями.

§ 9. ЕУКАРІОТИ. ГРИБИ. ЛИШАЙНИКИ

Терміни та поняття еукаріоти, гриби, грибоподібні організми, лишайники.

КРОК ПЕРШИЙ: пригадуємо.

1. Назвіть головні ознаки та властивості живих організмів.
2. За якими ознаками ви відносите певні живі організми до грибів?
3. Які гриби ви знаєте? Назвіть місця існування грибів.
4. Чи знаєте ви, що таке лишайники? Де вони мешкають?

КРОК ДРУГИЙ: визначаємось (крок у майбутнє).

Світ грибів дивовижний та різноманітний і кожній людині доцільно познайомитися з ним. По-перше: ми вживаємо їх у їжу. По-друге: гриби використовуються для виготовлення певних сортів сиру, хліба, вина, лікарських речовин. По-третє: значна кількість хвороб рослин, тварин та й людини спричиняється грибами. Пліснява на харчових продуктах – це також гриби. Ці організми мешкають там, де є будь яка органічна речовина природного походження. У буденному житті ми постійно контактуємо з грибами, не здогадуючись про це.

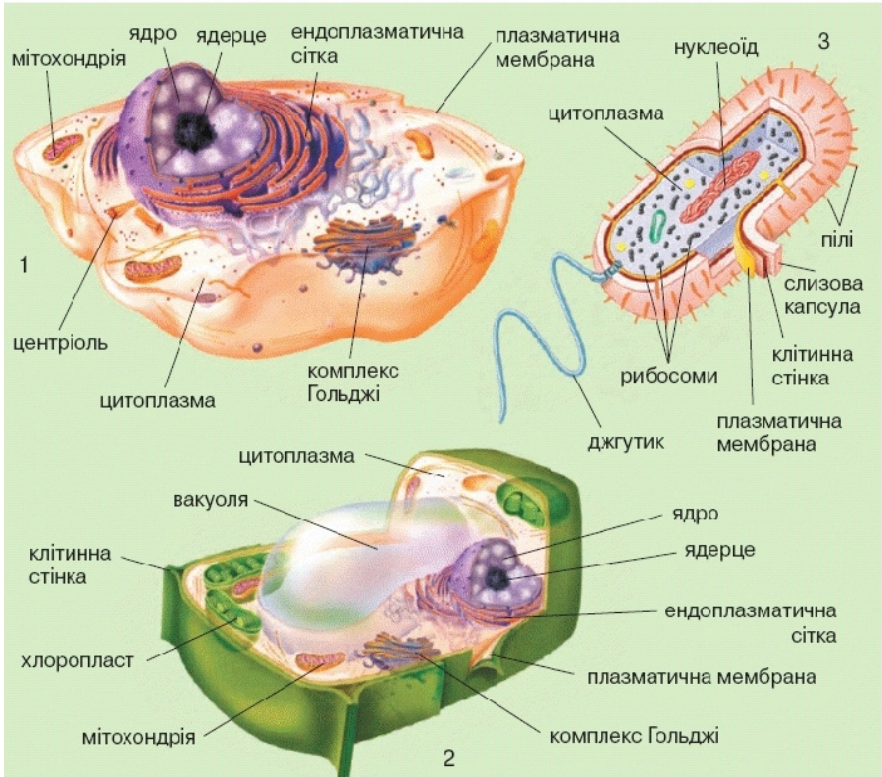
Інформацію про ці різні за розмірами, місцем існування, способами розмноження організми ви отримаєте з матеріалу посібника. Ваше знайомство з грибами тільки починається й обіцяє безліч дивовижних відкриттів.

КРОК ТРЕТІЙ: навчаємось.

Ми вже з вами вже дізналися, що Еукаріоти (*Eucaryota*) – це окремий таксон – домен (надцарство) в систематиці живих організмів. У перекладі з грецької мови «еукаріот» позначає «володіє ядром». Відповідно до цієї назви еукаріотичні організми у клітинах містять ядро, яке оточує генетичну інформацію хромосом.

Будова еукаріотичної клітини.

Клітини еукаріотичних організмів не тільки крупніші за прокаріотичні, але й організовані складніше (мал. 39).



Мал. 39. Порівняння будови клітин прокаріот і еукаріот:
 Еукаріоти: 1 – тваринна клітина, 2 – рослинна клітина
 Прокаріоти: 3 – бактерія

Головні відмінності між клітинами прокаріот і еукаріот представлені в таблиці 1.

Таблиця 1.

Головні відмінності між прокаріотами і еукаріотами

Ознака	Прокаріоти	Еукаріоти
Розмір клітини	Діаметр клітини 0,3-10 мкм.	Діаметр складає 8-100 мкм. Розміри значно перевищують розміри прокаріотичної клітини.

Продовження табл. 1

Генетичний матеріал. Справжнє ядро з ядерною оболонкою	Кільцеподібна молекула ДНК (нуклеоїд) вільно знаходиться в цитоплазмі, від якої нічим не відокремлена. Немає оформленого ядра. У багатьох бактерій є також позахромосомні генетичні елементи – плазміди (маленькі кільцеві молекули ДНК).	Є оформлене ядро з подвійною ядерною оболонкою; в ядрі містяться хромосоми, що складаються з молекул ДНК, зв'язаних з білками. Є також органели із власним генетичним апаратом (мітохондрії і пластиди), які оточені подвійною мембраною і мають здатність до розмноження за допомогою поділу.
Клітинні стінки	Жорсткі, містять полісахариди й амінокислоти. Основний компонент, що їх зміцнює, – муреїн.	У рослин і грибів клітинні стінки жорсткі і містять полісахариди: у рослин – целюлоза, у грибів – хітин. Клітини тварин не мають стінок.
Органели	Прокаріоти характеризуються малою кількістю органел, і жодна з них не оточена подвійною мембраною. У клітинах прокаріотів немає ендоплазматичної сітки, комплексу Гольджі, лізосом.	Органел багато. Деякі з них оточені подвійною мембраною, наприклад, ядро, мітохондрії, хлоропласти. Багато органел, обмежених одинарною мембраною, наприклад, комплекс Гольджі, лізосоми, вакуолі, мікротільця, ендоплазматичний ретикулум тощо.
Вакуолі	Відсутні.	Присутні.
Розмноження Спосіб ділення клітин.	Розмножуються в основному безстатевим шляхом – поділом материнської клітини на дві дочірні. Немає мітозу. За несприятливих умов утворювати спори.	Мітоз, мейоз.

Надцарство Еукаріоти поділяють на три царства: Гриби, Рослини і Тварини.

ГРИБИ (лат. *Fungi*). Цю особливу групу безхлорофільних гетеротрофних організмів вивчає наука *мікологія* (від грец. «мікос» – гриб, «логос» – наука). Гриби тривалий час відносили до царства Рослини. Французький вчений де Фріз у першій половині ХІХ ст. запропонував виділити гриби в самостійне царство.

Гриби – багатоклітинні гетеротрофні еукаріотичні організми, найзагальнішими ознаками яких є відсутність хлорофілу, осмотичне живлення та прикріплений спосіб життя.

Нині систематики налічують понад 100 тис. видів грибів, серед яких як одноклітинні, так і багатоклітинні організми.

До сьогодні точаться запеклі суперечки в колі фахівців, які пропонують різні підходи – від морфологічного до генетичного – щодо систематики грибів. Це пов'язано з тим, що гриби – поліфілетична група організмів – містять у своєму складі ознаки нащадків різних предків. Науковці досягли єдності лише в одному питанні – це на розподілі грибів на 10 відділів, серед яких справжні гриби та грибоподібні організми.

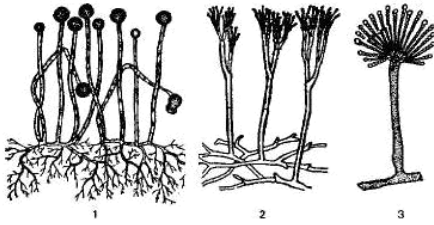
За прийнятою в Україні системою, серед *справжніх грибів* (*Eumycota*) виокремлено відділи: Хітрідіомікота (*Chytridiomycota*), Зигомікота (*Zygomycota*), Базидіомікота (*Basidiomycota*), Аскомікота (*Ascomycota*).

Несправжні гриби, або *грибоподібні організми* – Оомікота (*Oomycota*), Міксомікота (*Mucromycota*), Плазмодіофоромікоти (*Plasmodiophoromycota*). Грибоподібні організми можна знайти у складі інших царств, деякі походять від водоростей (які втратили пластиди).

Клітини грибів мають клітинну стінку з хітину, запасують глікоген. У грибів дуже добре розвинуте везикулярне (у спеціальних пухирцях) транспортування, що забезпечує виділення ферментів для позаклітинного розщеплення органіки. Прості поживні речовини надходять у клітину в процесі осмотичного живлення без утворення травних вакуолей.

Веgetативне тіло переважної більшості грибів являє собою систему вкритих клітинними оболонками ниток (*гіфів*), яка називається грибноницею (*міцелієм*). Внутрішня будова міцелію є основою для умовного

поділу грибів на нижчі гриби (мал. 40) і вищі (шапкові гриби). Диференційовані тканини та вегетативні органи у грибів чітко не виражено. Органи нестатевого розмноження грибів називають спорангіями. Вони розміщені поодинокі або зібрані у складні структури (мал. 42).



Цвілеві гриби:

1 - мукор; 2 - пеніцил; 3 - аспергіл.



а)

б)

Мал. 40. Цвілеві гриби (а), оселяються на продуктах харчування (б), ґрунті, на овочах і фруктах



а)



б)

Мал. 41. Шапкові гриби: а) трубчасті гриби (білий гриб), б) пластинчасті гриби (лисички)

У побуті грибом часто називають плодове тіло (сплетіння гіфів міцелію над поверхнею ґрунту), що має ніжку і спороносну шапку з радіальними пластинами чи трубками. Поняття «їстівні» та «отруйні» гриби досить умовні. Одні й ті самі види грибів в одній місцевості вважають їстівними, в іншій – неїстівними. В Україні росте близько 200 видів їстівних грибів, однак у їжу використовують не більше 40 видів.



Мал. 42. Форми розмноження грибів

Деякі гриби вступають у мутуалістичні взаємовідносини з корінням судинних рослин (утворюють мікоризу). Відомі також мутуалістичні відносини між грибами та різними групами бактерій, термітами чи мурахами. Фактично кожна екосистема планети в значній мірі залежить від діяльності грибів.

Особливе місце в систематиці займають *Ліхенізовані гриби*, або *Лишайники (Lichenes)* – організми, що з’явилися внаслідок симбіозу (взаємокорисного співжиття) грибів із водоростями або ціанобактеріями. Тіло лишайника (*слань*, або *талом*) складається з перепланих ниток грибниці (гіфів) і розміщених між ними клітини чи ниток водоростей. Водорості здатні до фотосинтезу і постачають грибу органічні речовини, а гриб постачає воду і мінералі елементи живлення, захищає водорості від несприятливих зовнішніх факторів. Цю особливу групу організмів вивчає наука *ліхенологія*. Лишайникам не надають у системі грибів статусу певного таксона, оскільки існують погляди про незалежність походження різних груп лишайників.



а)

б)

в)

Мал. 43. Лишайники: а) кіркові (накипні), б) листуваті, в) кущисті

Основне значення грибів у природі полягає в руйнуванні й мінералізації органічних сполук. Дріжджові гриби використовують у хлібопеченні, виноробстві, пивоварінні. З деяких грибів добувають антибіотики. Багато шапкових грибів використовують в їжу.

Опорні точки (висновки).

Еукаріоти – це окремий таксон – домен (надцарство) в систематиці живих організмів. Еукаріотичні організми у клітинах містять ядро, яке оточує генетичну інформацію хромосом.

Надцарство Еукаріоти поділяють на три царства: Гриби, Рослини і Тварини.

Гриби – це особлива група еукаріотичних безхлорофільних гетеротрофних організмів.

Клітини грибів мають клітинну стінку з хітину, запасують глікоген. Прості поживні речовини надходять у клітину в процесі осмотичного живлення без утворення травних вакуолей.

Вегетативне тіло переважної більшості грибів являє собою систему вкритих клітинними оболонками ниток (*гіфів*), яка називається грибноцею (*міцелієм*).

Гриби розмножуються переважно нестатево, рідше – статеву. Органи нестатевого розмноження грибів називають спорангіями.

Лишайники – організми, що з'явилися внаслідок симбіозу (взаємодіючого співжиття) грибів із водоростями або ціанобактеріями.

За прийнятою в Україні системою, серед *справжніх грибів* (*Eumycota*) виокремлено відділи: Хітрідіомікота (*Chytridiomycota*),

Зигомікота (*Zygomycota*), Базидіомікота (*Basidiomycota*), Аскомікота (*Ascomycota*).

Несправжні гриби, або *грибоподібні організми* – Оомікота (*Oomycota*), Міксомікота (*Muchomycota*), Плазмодіофоромікоти (*Plasmodiophoromycota*).

КРОК ЧЕТВЕРТИЙ: відтворюємо.

1. Яку групу організмів називають еукаріотами?
2. Які царства заносять до надцарства Еукаріоти?
3. Які ознаки будови відрізняють гриби від інших організмів?
4. Наведіть приклади грибів сапротрофів, паразитів, симбіонтів (мутуалістів).

5. Назвіть загальні ознаки цвілевих грибів. Наведіть відповідні приклади.

КРОК П'ЯТИЙ: застосовуємо.

1. Опишіть особливості будови та життєдіяльності грибів заповнивши таблицю:

Місце існування	Особливості будови клітин	Будова тіла	Живлення	Ріст	Розмноження

2. Узагальніть відомості таблиці й вкажіть ознаки схожості грибів з рослинними і з тваринними організмами.

3. Охарактеризуйте роль лишайників у ґрунтоутворенні.

4. Поясніть, яких правил варто дотримуватись під час збирання грибів?

КРОК ШОСТИЙ: пропонуємо, формулюємо гіпотези та шляхи їх розв'язання.

1. Поясніть значення різноманітних адаптацій грибів до способів живлення, середовищ існування.

2. Підготуйте інформацію про способи розмноження, швидкість росту та тривалість життя лишайників.

3. Чому наявність лишайників є показником чистого повітря?

КРОК до ЗНО.

1. Трубчастим шапковим грибом є:
а) маслюк; б) пеніцил; в) кладонія; г) печериця.
2. Пластинчастим шапковим грибом є:
а) підосичник; б) аспергіл; в) пармелія; г) сироїжка.
3. Лишайником є:
а) цетрарія; б) мукор; в) трутовик; г) опеньок.
4. Цвілевим грибом є:
а) маслюк; б) пеніцил; в) лисичка; г) білий гриб
5. Основою вегетативного тіла гриба є:
а) мікориза; б) грибниця та мікориза; в) грибниця, або міцелій;
г) грибниця, або мікориза.
6. Запасний полісахарид грибів:
а) хітин; б) глікоген; в) крохмаль; г) целюлоза.
7. Гриби промислового культивування: а) іржасті гриби; б) гливи;
в) цвілеві гриби; г) борошністоросяні гриби.
8. Гриби, які розмножуються брунькуванням:
а) мукор; б) дріжджі; в) пеніцил; г) печериці.
9. Пеніцил належить до грибів:
а) іржастих; б) цвілевих; в) шапкових; г) борошністоросяних.
10. Гриби, які існують без міцелію:
а) мукор; б) дріжджі; в) пеніцил; г) трюфель.
11. Ознака, що властива грибам-сапротрофам:
а) мешкають на деревах; б) живляться мертвою органічною речовиною; в) живляться органічною речовиною живих істот і завдають їм шкоди; г) живляться органічною речовиною живих істот і є корисними для них.
12. Отруйний шапковий гриб:
а) рижик; б) сироїжка; в) білий гриб; г) несправжній опеньок.
13. Тіло лишайника складається з:
а) моху та гриба; б) водорості та моху; в) водорості та гриба;
г) водорості та папороті.
14. Тип будови тіла, відсутній у лишайників:
а) накипний; б) куцистий; в) листуватий; г) чагарниковий.

ДІЗНАЙТЕСЯ БІЛЬШЕ



Мал. 44. Штучне вирощування печериць

Лісові гриби на прилавках продуктових ринків і магазинів практично замінені грибами, які вирощені у штучних умовах. Лісові гриби збирають зазвичай досвідчені грибники, та й ті ставляться до них з певним побоюванням. Причиною цього є те, що гриби можуть поглинати з ґрунту токсичні, шкідливі речовини, внаслідок чого стають непридат-

ними для їжі, отруйними. Трапляються випадки отруєння, спричинені вживанням людьми у їжу їстівних грибів, які виростили в природних умовах. Безумовно, більшість споживачів, піклуючись про своє здоров'я, вважають за краще вживати в їжу штучно культивовані гриби.

В Україні в основному вирощують печериці і гливи. Печериці є джерелом білка, який легко засвоюється.

Наука – практиці.

Гриб чага паразитує на стовбурах старих, зрубаних або зламаних беріз. Він містить масу цінних елементів і органічних речовин, а саме: пігменти, полісахариди, органічні кислоти, ліпіди і клітковину, іони Купруму, Цинку, Феруму, Барію, Сіліцію, Магнію, Калію, Натрію, Кальцію.

Завдяки специфічному хімічному складу гриб здатний підсилювати дію медичних ліків, допомагає організму підвищити опірність



Мал. 45. Гриб чага

до хвороб, сприяє швидшому відновленню ослабленого організму, нормалізує роботу внутрішніх органів. Ефективність чаги була визнана усьому світі, сьогодні екстракти з цього гриба офіційно застосовуються в лікуванні ракових пухлин.

§ 10. РОСЛИНИ

Терміни та поняття: рослини, водорості, вищі рослини

КРОК ПЕРШИЙ: пригадуємо.

1. За якими ознаками ви відносите організм до рослин?
2. Що таке фотосинтез?
3. Які життєві форми рослин ви знаєте? Наведіть приклади рослин кожної з життєвих форм.
4. Дайте визначення поняттям: тканина, орган.
5. Назвіть вегетативні та генеративні органи покритонасінних рослин. Що таке видозміни органів?
6. Які рослини належать до спорових? Наведіть приклади.
7. Які рослини належать до насінних? Наведіть відповідні приклади.

КРОК ДРУГИЙ: визначаємось (крок у майбутнє).

Уявити собі життя людини без рослин неможливо. Рослини забезпечують нас різноманітні харчовими продуктами, ліками, сировиною для одягу та будівництва. Рослини – продуценти у ланцюгах живлення і джерело кисню на нашій планеті. Знання про рослини передаються з покоління у покоління, пробуджують зацікавленість і допомагають людям у житті. Ґрунтовні знання з ботаніки є основою для отримання професій в галузі агрономії, квітникарства, рослинництва, фітодизайну, фармацевтики, екології. Вибір за вами.

КРОК ТРЕТІЙ: навчаємось.

Ще раніше ми давали визначення рослинам і знаємо – це автотрофні еукаріоти. Таке визначення дозволяє відокремити рослин від гетеротрофних грибів. Світ рослин вивчає ботаніка (від гр. «*ботан*» – трава, пасовисько).

Рослини – еукаріотичні організми, найзагальнішими особливостями яких є: жорстка клітинна стінка з целюлози, пластиди, фотоавтотрофний тип живлення та прикріплений спосіб життя.

Пластиди забезпечують процес *фотосинтезу* – синтез органічних речовин і кисню з неорганічних речовин з використанням енергії сонячного світла. Пластиди з'явилися в клітинах рослин в процесі еволюції в результаті симбіозу з ціанобактеріями.

Царство рослин (*Plantae*) налічує понад 500 тисяч видів і поділяється два підкласи – Водорості (Нижчі рослини) і Вищі рослини.

ВОДОРОСТІ – велика група найдавніших рослин (майже 40 тис. видів). Головна особливість водоростей – відсутність тканин. Будова їхнього тіла і розміри різноманітні. Існують одноклітинні, колоніальні і багатоклітинні форми водоростей дуже малих розмірів (від тисячних часток міліметра), а також форми з будовою слані до десятків метрів.

Класифікація водоростей не завершена, оскільки не всі форми достатньо вивчені. Прийнято поділяти водоростей на такі відділи: діатомові, зелені, червоні і бурі водорості. Найбільшу кількість видів налічують зелені (до 20 тис.) і діатомові (10 тис.) Поділ водоростей на відділи збігається зазвичай з їхнім забарвленням, але більше пов'язаний з особливостями будови клітин і слані (тіла).

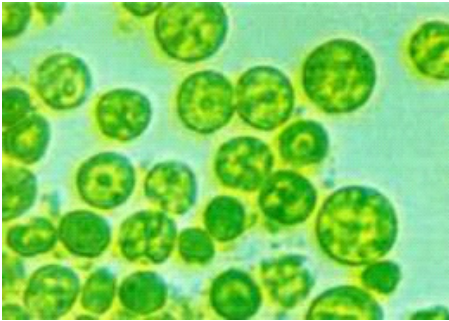


Мал. 46. Діатомові водорості – найстародавніші представники рослин на планеті; мають незвичайну форму, зовні вкриті панциром з кремнезему; утворюють осадові породи (діатоміт, трепел)

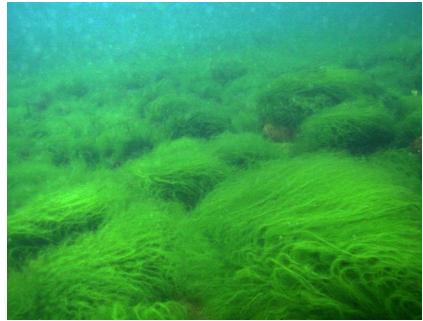
Хлорела – одноклітинна зелена водорість, нерухома (без джгутиків); зустрічається у водоймах, ґрунті; може вступати у симбіоз з різними організмами, входить до складу лишайників. Хлорела – об’єкт масового культивування для одержання білків та біологічно активних речовин.

Спірогіра – одна з найпоширеніших зелених нитчастих водоростей прісноводних водойм (нитки завдовжки від кількох міліметрів до 10 см).

Водорості беруть участь у колообігу речовин у природі, у збагаченні атмосфери киснем, утворенні відкладів сапропелю (органічного мулу). Органічні речовини, які створюють водорості в процесі фотосинтезу, є їжею для бактерій, грибів і тварин (особливо риби). Багато водоростей є біоіндикаторами чистоти і якості води.



а)



б)

Мал. 47. Зелені водорості: а) хлорела; б) спірогіра



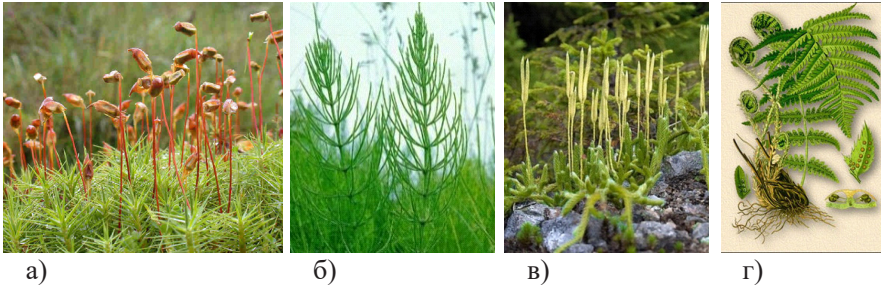
а)



б)

Мал. 48. Водорості: а) Бурі водорості (ламінарія, морська капуста); б) Червоні водорості (Одонталія)

ВИЩІ РОСЛИНИ (лат. *Plantae*) – це новий етап еволюційного розвитку рослинного світу на суходолі. Організми цієї групи мають тканини (твірні, провідні, механічні, основні та покривні), які утворюють вегетативні та генеративні органи. Вищі рослини найчастіше поділяють на відділи: Мохоподібні, Хвощеподібні, Плауноподібні, Папоротеподібні, Голонасінні, Покритонасінні.

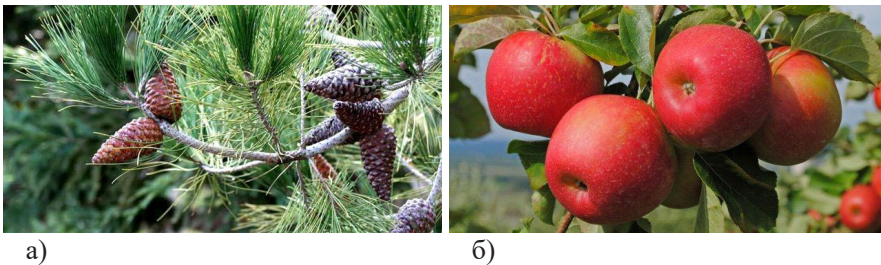


Мал. 49. Вищі рослини: а) зозулин льон; б) хвощ польовий; в) плаун булавоподібний; г) папороть

Для вищих рослин характерним є чітке чергування двох поколінь: статевого (*гаметофіта*) і безстатевого (*спорофіта*). Спорофіт в процесі еволюції почав поступово домінувати над гаметофітом. Лише у мохоподібних гаметофіт переважає над спорофітом.

Сучасні Голонасінні поділяють на чотири класи: саговники, гінгові, гнетові і хвойні. Відділ Покритонасінні поділяють на два класи – однодольні та дводольні.

Біологічна класифікація царства Рослини: царство поділяється на відділи, відділи – на класи, потім – на родини, роди і види (мал. 51).



Мал. 50. Вищі рослини: а) сосна (відділ Голонасінні); б) яблуня (Покритонасінні)

Біологічна класифікація	
Царство:	Рослини (Plantae)
Відділ:	Покритонасінні (Magnoliophyta)
Клас:	Дводольні (Magnoliopsida)
Родина:	Адоксові (Adoxaceae)
Рід:	Калина (<i>Viburnum</i>)
Вид:	Калина звичайна (<i>Viburnum opulus</i>)
	

Мал. 51. Ботанічна класифікація калини – рослини-символа України

Походження та основні напрями еволюції рослин. Науковці вважають, що предками рослин були джгутикові прокаріоти, які вступили у симбіоз із ціанобактеріями. Від цих попередників близько 1,5 млрд років тому виникли одноклітинні *глаукофітові водорості* / *глаукофіти* (від грец. *глаукос* – синьо-зелений і *фітос* – рослина) (мал. 52.). Існування цих примітивних водоростей є підтвердженням походження рослин від бактерій, оскільки глаукофіти мають хлоропласти з шаром



Мал. 52. Глаукофітова водорість Ціанопора (*Cyanophora paradoxa*)

муреїну між мембранами, а також здатні до азотофіксації.

Від глаукофітових водоростей утворилися одноклітинні зелені водорості, які вже мали ядро, пластиди і статеве розмноження. Подальша еволюція водоростей відбувалася від одноклітинних і колоніальних організмів до багатоклітинних, складноорганізованих. Згодом виникли багатоклітинні во-

дорості, від яких відокремилися мохи. Першими наземними рослинами вважаються риніофіти, які походять від зелених або бурих водоростей. Від риніофітів окремими еволюційними гілками відійшли плауни, хвощі, папороті й голонасінні. Згодом від насінних папоротей утворилися голонасінні, від голонасінних еволюціонували покритонасінні.

Основні напрями еволюції рослин: багатоклітинність, формування нестатевого та статевого поколінь, запліднення без води, виникнення насінини, подвійного запліднення, формування квітки, плоду. Важливим еволюційним надбанням вищих рослин є те, що у життєвому циклі спостерігається чергування гаплоїдного статевого покоління (гаметофіту), що утворює гамети, і диплоїдного покоління (спорофіту), що утворює спори. Співвідношення статевого і нестатевого поколінь неоднакове в рослин з різних відділів. Зокрема, у мохоподібних домінує гаплоїдний гаметофіт, а у квіткових (покритонасінних) – диплоїдний спорофіт.

Значення рослин в біосфері колосальне – рослини суходолу і рослини океану (водорості) забезпечують продуктами фотосинтезу – киснем для дихання і речовинами для живлення – інші організми.

Опорні точки (висновки).

- Рослини – це автотрофні еукаріоти. Клітини рослин мають клітинну стінку, містять пластиди. Запасною поживною речовиною в клітинах є крохмаль.
- Царство рослин поділяється два підкласи – Водорості (Нижчі рослини) і Вищі рослини.
- Водорості – переважно водні рослини тіло яких не диференційовано на органи. У водоростей відсутні тканини. Серед них є одноклітинні, колоніальні та багатоклітинні організми.
- Вищі рослини мають тканини (твірні, провідні, механічні, основні та покривні), які утворюють вегетативні та генеративні органи.
- Вищі рослини найчастіше поділяють на відділи: Мохоподібні, Хвощеподібні, Плауноподібні, Папоротеподібні, Голонасінні, Покритонасінні.
- Для вищих рослин характерним є чітке чергування двох поколінь: статевого (*гаметофіта*) і безстатевого (*спорофіта*).

КРОК ЧЕТВЕРТИЙ: відтворюємо.

1. Що характерно для представників царства Рослини?
2. За якими ознаками рослини поділяють на вищі та нижчі?
3. Охарактеризуйте головні ознаки водоростей.
4. На які систематичні групи поділяють вищі рослини? Назвіть представників відділів вищих рослин.
5. Які покоління чергуються в життєвому циклі вищих рослин?
6. Наведіть приклади ролі рослин в природі та житті людини.

КРОК П'ЯТИЙ: застосовуємо.

1. Охарактеризуйте морфо-фізіологічні особливості водоростей, які дають їм змогу мешкати у водному середовищі.
2. Заповніть таблицю:

Порівняльна характеристика вищих спорових рослин

Відділ, представники	Середовище існування	Органи рослин	Покоління, що переважає у циклі розвитку

3. Назвіть особливості покритонасінних, які дали їм змогу поширитись по всім територіям.

КРОК ШОСТИЙ: пропонуємо, формулюємо гіпотези та шляхи їх розв'язання.

1. Поясніть, чому розвиток тканин у рослин пов'язаний з їх виходом на суходол на певному етапі еволюційного розвитку.
2. Назвіть проблеми, з якими стикнулися рослини, вийшовши на сушу. Які пристосування, на вашу думку, дали змогу подолати ці проблеми?
3. Прокласифікуйте улотрикс, сфагнум, селягінелу, сальвінію, ялицю, конюшину.

КРОК до ЗНО.

1. Представником відділу Покритонасінні є:
а) верба; б) модрина; в) сфагнум; г) орляк.

2. Червоною водорістю є:
 - а) ламінарія; б) спірогіра; в) порфіра; г) хлорела.
3. Розмножується з допомогою спор, а в життєвому циклі домінує спорофіт:
 - а) сфагнум; б) хвощ; в) ялина; г) дуб.
4. Представником відділу Папоротеподібні є:
 - а) верба; б) модрина; в) сфагнум; г) орляк.
5. Багатоклітинною зеленою водорістю є:
 - а) ламінарія; б) улотрикс; в) порфіра; г) хламідомонада.
6. Правильним є твердження:
 - а) Типовим представником родини Бобові є рис.
 - б) У мохів домінуючим поколінням у життєвому циклі є гаметофіт.
 - в) Хвощі та плауни є представниками відділу Папоротеподібні.
 - г) У квітці вишні шість пелюсток.
7. Представником відділу Голонасінні є:
 - а) верба; б) ялиця біла в) сфагнум; г) орляк.
8. Бурою водорістю є:
 - а) саргасум; б) спірогіра; в) порфіра; г) хлорела.
9. Правильним є твердження:
 - а) У хвощів домінуючим поколінням у життєвому циклі є спорофіт.
 - б) Представником класу Дводольні є бамбук.
 - в) Модрина має складні листки.
 - г) У жита плід сім'янка.
10. Правильним є твердження:
 - а) Серед представників Голонасінних немає трав.
 - б) Представником родини Розові є ячмінь.
 - в) У тюльпана у квітці розташовано п'ять тичинок.
 - г) В айстри суцвіття волоть.
11. Правильним є твердження:
 - а) Плід коробочка часто зустрічається у представників родини Капустяні.
 - б) Сфагнум відносять до класу Однодольні.
 - в) Гаметофітом папороті є заросток.
 - г) Квітки картоплі не мають оцвітини.

ДІЗНАЙТЕСЯ БІЛЬШЕ

Існують *рослини-хижаки*, які живуть на заболочених луках і болотах, в піску, тобто на субстратах, бідних на біогенні елементи (Нітроген, Фосфор, Калій) для живлення. Нестачу цих елементів та інших речовин хижі рослини компенсують за рахунок перетравлювання комах, яких ловлять за допомогою спеціальних органів – метаморфізованих листків.

На поверхні таких спеціальних листків є залози, що виділяють органічні кислоти й травні ферменти (подібних до пепсину шлункового соку людини). Ферменти розщеплюють білки тіла комах до простих речовин (амінокислот), які засвоюються рослинами.



а)



б)

Мал. 53. Рослини-хижаки: а) Венерина мухоловка, б) Сараценія

Наука – практиці.

Рослини-індикатори стану ґрунтів – це дикорослі рослини, за допомогою яких можна визначати характер і стан ґрунту, на якому вони ростуть. Характерні особливості ґрунту (вологоемність, структура, щільність, вміст кисню, вміст поживних речовин, важких металів і солей та ін.) визначають видовий склад рослини, які на ньому ростуть. На зміну стану середовища рослину реагують збільшенням кількості, потужним ростом або, навпаки, – пригніченням розвитку. Особливо чітко виражені індикаторні властивості у дикорослих трав'янистих

рослин, за якими можна визначити стан орної землі. Зокрема, індикаторами піщаного ґрунту є коров'як, глинистих і суглиннистих ґрунтів – жовтець повзучий, рутка, молочай. Посухість ґрунту засвідчує поява ромашки і полину (ксерофіти), про надмірну вологість – м'ята польова, щавель, хвощ. Біоіндикаторами ущільнених ґрунтів є пирій і жовтець повзучий. Застійну вологість ґрунтів засвідчує поява м'яти і мокрецю. Показник засолених ґрунтів – наявність галофітів (наприклад, лободи). Індикатори кислих ґрунтів – хвощ, щавель; вапнякових – гірчиця польова, молочай, люцерна, льонок, підбіл.

§ 11. ТВАРИНИ

Терміни та поняття: тварини, одноклітинні тварини, багатоклітинні тварини, губки, двошарові (жалкі), тришарові.

КРОК ПЕРШИЙ: пригадуємо.

1. Які систематичні одиниці класифікації живих організмів ви знаєте?

2. На які царства поділяють еукаріотичні організми?

3. Кого ви відносите до тварин? Чому?

4. Назвіть відомі вам системи органів тварин, їх складові та функції.

5. Яку роль відіграють тварини у природі?

КРОК ДРУГИЙ: визначаємось (крок у майбутнє).

Значення тварин для людини важко переоцінити. Фауна диких тварин є джерелом для їх одомашнення. Нині інтенсивно одомашнюються хутрові звірі (соболь, норка, лисиця та ін.), проводяться дослідження з приручення лося, страуса, білої куріпки та інших тварин. При виведенні нових порід використовуються для схрещування їхні близькі дикі родичі.

Тварини є їжею людини, багато з них є продуцентами корисних речовин (мед, віск, шовк, лак, спермацет, зміїна та бджолина отрута та ін.), які застосовуються в народній та офіційній медицині. Усім відоме естетичне значення тварин. Тварини є об'єктами наукових досліджень, у тому числі медико-біологічних, використовуються як моделі в біоніці.

Оцінюючи значення окремих видів тварин для людини, слід зауважити, що шкідливих, як і корисних, тварин у природі немає (вони створені природою для природи).

Отже, знання про тварин – потрібні кожному.

КРОК ТРЕТІЙ: навчаємось.

Нам вже відомо, що тварини – це еукаріотичні організми, які можуть бути одноклітинними, колоніальними чи багатоклітинними. Загалом можна окреслити спільні ознаки тварин: гетеротрофність; відсутність клітинної стінки і наявність глікокаліксу, запасання глікогену; активний (рухливий) спосіб життя. Клітини багатоклітинних тварин диференційовані (різняються за своєю будовою і функціями); в

зародковому розвитку проходять стадії бластули і гастрული, утворюють два або три зародкових листка.

Світ тварин вивчає зоологія (від грец. «зоо» – тварина).

Класифікація тварин. Сучасних тварин відомо майже 2 млн видів і ця цифра збільшується, оскільки вчені постійно знаходять і описують нові види. Наукова систематика поділяє царство Тварини (*Animalia*) на таксони за такими ознаками:

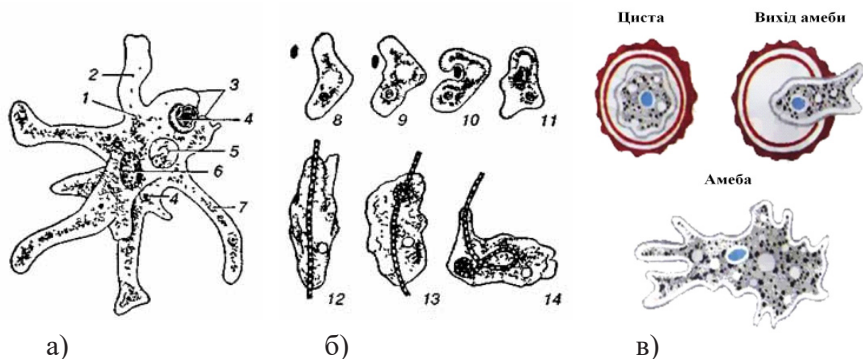
1) *за кількістю клітин*, що обґрунтовує поділ тварин два підцарства: Одноклітинні тварини і Багатоклітинні тварини;

2) *за кількістю зародкових листків під час ембріонального розвитку організму*, що уможливило поділ підцарства Багатоклітинні на дві групи – Двошарові і Тришарові. Двошарові – це тварини, тіло яких утворюється з двох зародкових листків (ектодерми та ентодерми); Тришарові – з трьох зародкових листків (ектодерми, ентодерми та мезодерми);

3) *за особливостями будови і функцій організму* групи поділяються на типи. Зокрема, Двошарові – поділяється на два типи: Губки і Кишковопорожнинні. Тришарові – на сім типів: Плоскі черви, Круглі черви, Кільчасті черви, Молюски, Членистоногі, Голкошкірі, Хордові.

За ознаками близько-спорідненості типи тварин об'єднані у класи, класи – у ряди, ряди – у родини, родини – у роди, а останні – у види.

Одноклітинні тварини. Нині відомо майже 50 тис. видів одноклітинних тварин, які можна знайти в природі скрізь, де є вода. Серед них: амеба звичайна, евглена зелена, інфузорія-туфелька, форамініфери, радіолярії, малярійний плазмодій та ін. Кожна така тварина в морфологічному і фізіологічному відношенні є самостійною універсальною клітиною і організмом одночасно, оскільки здатна до розмноження, руху, обміну речовин, подразливості. У несприятливих умовах одноклітинні тварини формують захисну щільну оболонку і переходять у стан спокою (анабіоз) шляхом *інцистування* – утворення *цист*. З настанням сприятливих для життя умов цисти розкриваються і клітина стає активною.



Мал. 54. Амеба звичайна – живе в прісній воді ставків, боліт, канал:
а – схема будови: 1 – ендоплазма; 2 – ектоплазма; 3, 7 – псевдоподії (псевдоніжки); 4 – травна вакуоля; 5 – посівна вакуоля; 6 – ядро;
б – захоплення харчових часточок (фагоцитоз); 8-11 – амеба поглинає тверді частинки; 12-14 – амеба поглинає нитчасту водорість;
в – утворена циста і вихід амеби при настанні сприятливих умов



Мал. 55. Евглена зелена



Мал. 56. Інфузорія - тувелька

Багатоклітинні тварини побудовані з великої кількості клітин, які мають різну будову та функції і можуть утворювати органи і системи органів (кишковопорожнинні, черви, молюски та ін.). Багатоклітинні тварини, у свою чергу, поділяються на групи: Двошарові і Тришарові.

Двошарові тварини не мають мезодерми, а тільки ендо- і ектодерму. До них відносяться два типи – Губки і Кишковопорожнинні.



Мал. 57. Губки



Мал. 58. Медуза
(тип Кишководорожнинні)

Губки – найпримітивніші з багатоклітинних тварин; клітини диференційовані, але тканин ще немає. Ток води, необхідний для постачання організму живильними речовинами і киснем, здійснюється за допомогою хоаноцитів, чи комірцевих клітин.

Кишководорожнинні – також примітивні двошарові, переважно морські тварини з радіальною (променевою) симетрією. Стінки тіла оточують порожнину тіла. У зовнішньому шарі – ектодермі розташовані жалкі клітини, які виконують функцію захисту і нападу. В ектодермі є також нервові клітини, які утворюють примітивну нервову систему. Представники: гідра, сцифомедузи, коралові поліпи.

Тришарові тварини поділяються на сім типів:

Тип *Плоскі черви* поділений на три головні класи: Війчасті черви (планарія), Сисуни (печінковий сисун), Стьожкові черви (бичачий ціп'як).



Мал. 59. Планарія



Мал. 60. Аскарида людська



Мал. 61. Дощовий черв'як



Мал. 62. Виноградний слимак

Тип *Круглі черви* – серед кількох класів найбільший і найважливіший Нематоди (аскарида людська, гострики, нематоди).

Тип *Кільчасті черви* – класи: Малощетинкові (дощовий черв'як), Багатощетинкові (нереїс), П'явки. Від стародавніх багатощетинкових кільчастих червів походять молюски і членистоногі.

Тип *Молюски* – класи: Черевоногі (ставковик звичайний), Двостулкові (беззубка, мідії), Головоногі (восьминоги, кальмари).

Тип *Членистоногі* – класи: Ракоподібні (раки, краби), Павукоподібні (павуки, кліщі), Багатоніжки (квивсяк), Комахи (майже 1 млн. видів). Клас Комахи включає багато рядів: з неповним перетворенням (тарганові, терміти, богомоли, паличники, прямокрилі, бабки, воші, хоботні, напівтвердокрилі, або клопи, та ін.) і з повним, які в своєму розвитку проходять стадію лялечки (сітчастокрилі, жуки, лускокрилі, або метелики, перетинчастокрилі, двокрилі, блохи).



Мал. 63. Рак річковий



Мал. 64. Сонечко



Мал. 65. Морська зірка

Тип *Голкошкірі* – обіймає 5 класів: морські їжаки; морські зірки; офіури, або змієхвостки; криноїдеї, або морські лілії; голотурії.

Тип *Хордові* – найвище організований тип тварин, який включає 4 підтипи: первинно-хордові, або півхордові; личинкохордові, або покривники;

безчерепні; хребетні, або черепні. Підтип хребетних найчисельніший і найрізноманітніший за кількістю видів. Він включає 6 класів: Круглороти, Риби, Земноводяні, Плазуни, Птахи, Ссавці.



а)



б)

Мал. 66. Тип Хребетні: а) жаба (клас Земноводні); б) сова (клас Птахи)

Природна система обіймає також викопні форми. Іноді кількість систематичних одиниць викопних тварин перевищує кількість одиниць, які об'єднують сучасних тварин.

Вважається, що *тварини походять* від одноклітинних джгутикових, а їх найближчі відомі живі родичі – це комірцеві жгутиконосці, морфологічно подібні до хоаноцитів деяких губок.

Тваринний світ є важливою частиною біосфери нашої планети. Разом з рослинами, грибами і мікроорганізмами тварини відіграють

значну роль в біогенній міграції хімічних елементів, що лежить в основі існуючих у природі екологічних взаємозв'язків.

На Землі існує майже 2 млн видів тварин, 60-70 % з них становлять безхребетні. Ландшафтна різноманітність і значна за розміром територія України зумовлюють видове багатство тваринного світу. На її теренах, включаючи акваторії Чорного і Азовського морів, живе близько 44 800 видів тварин. Найбільш широко представлені такі таксони: членистоногі – понад 39 000 видів, круглі черви – 1 457, стьожкові черви – 1 188. одноклітинні – понад 1 200, хордові – більше 700, кільчасті черви – 400, молюски – 369 видів. Значна увага приділяється вивченню, охороні, відтворенню та раціональному використанню хребетних тварин, фауна яких представлена в Україні більш ніж 200 видами риб, 18 видами земноводних, 20 видами плазунів, близько як 400 видами птахів та 101 видом ссавців.

Тварини відіграють важливу роль у житті нашої планети та житті людини. Велике значення тварини мають у формуванні ландшафтів. За рахунок морських, переважно одноклітинних, тварин з твердим скелетом відбулося утворення осадових порід (крейди, вапняку та ін.), поклади яких займають велику територію на поверхні Землі. З діяльністю представників кишковопорожнинних тварин (коралових поліпів) пов'язано виникнення в теплих морях чисельних коралових островів та коралових рифів, загальна площа яких дуже значна. Значна роль належить тваринам в утворенні ґрунту і кори вивітрювання. Існуючі у великій кількості ґрунтові дрібні круглі черви (нематоди), ґрунтові кліщі, дощові черви, личинки комах, різні ссавці та інші тварини розпушують ґрунт, сприяють аерації і проникненню вологи, збагачують органічними речовинами, підвищують родючість. Тварини пов'язані із життям рослин: є запилювачами чи переносниками насіння рослин. Рослиноїдні харчуються рослинами.

Отже, тварини є найрізноманітнішою і найчисленнішою групою, яка описана в домені Еукаріоти.

Опорні точки (висновки).

- Тварини – це еукаріотичні гетеротрофні організми, для яких характерним є обмежений ріст і здатність до активного руху.

- Клітини тварин відрізняються відсутністю клітинної стінки, наявністю глікокаліксу, запасанням глікогену.
- Серед тварин є одноклітинні, колоніальні та багатоклітинні істоти.
- Клітини багатоклітинних тварин диференційовані й утворюють тканини.
- В зародковому розвитку в тварин утворюються два або три зародкових листка.
- Царство тварин включає два підцарства: Одноклітинні тварини і Багатоклітинні тварини.
- Підцарства поділяються на типи.
- За ознаками близько-спорідненості типи тварин об'єднані у класи, класи – у ряди, ряди – у родини, родини – у роди, а останні – у види.

КРОК ЧЕТВЕРТИЙ: відтворюємо.

1. Назвіть головні ознаки представників царства Тварини.
2. Охарактеризуйте загальні риси будови одноклітинних тварин.
3. Які ознаки будови характерні для Кишковопорожнинних?
4. Які типи тварин відносять до безхребетних?
5. Охарактеризуйте систематику хордових тварин.

КРОК П'ЯТИЙ: застосовуємо.

1. Порівняйте основні систематичні категорії царства Тварини та царства Рослини. Визначте, які з них є загальними для систематики рослин і тварин.

2. Порівняйте будову рослинної, тваринної та грибною клітин.

3. Доведіть, що клітина одноклітинного організму є цілісною біологічною системою.

4. Доведіть, що організм багатоклітинної тварини є багаторівневою системою.

5. Поясніть послідовність основних етапів еволюції тварин.

КРОК ШОСТИЙ: пропонуємо, формулюємо гіпотези та шляхи їх розв'язання.

1. Царство Тварини, як і царства Рослини і Гриби включає одноклітинні й багатоклітинні організми. Але між представниками цих царств є суттєві розходження. Чим обумовлені відмінності між ними?

2. У тварин розрізняють чотири типи тканин. Поясніть, чи всі види тканини мають бути присутніми в кожному багатоклітинному організмі.

3. Чому саме тварини найчисленніші за кількістю видів?

КРОК до ЗНО.

1. До типу Плоскі черви відносять:
 - а) гострика; б) аскариду; в) білу планарію; г) нереїса
2. Павукоподібним є:
 - а) мокриця; б) оса; в) нереїс; г) тарантул.
3. Розмістіть тварин згідно з кількістю ходильних ніг у послідовності від найменшої до найбільшої:
 - а) муха; б) п'явка; в) собачий кліщ; г) річковий рак.
4. Багатоклітинним організмом є:
 - а) інфузорія-туфелька; б) вольвокс; в) евглена; г) гідра.
5. До типу Круглі черви відносять:
 - а) бичачого ціп'яка; б) аскариду; в) білу планарію; г) нереїса.
6. Ракоподібним є:
 - а) мокриця; б) оса; в) каракурт; г) тарантул.
7. Розмістіть тварин згідно з рівнем складності нервової системи у послідовності її еволюційного ускладнення:
 - а) орангутан; б) ланцетник; в) щука; г) крокодил.
8. До класу Кісткові риби належить:
 - а) скат; б) міксина; в) химера; г) окунь.
9. Вірним є твердження:
 - а) У всіх хрящових риб запліднення зовнішнє.
 - б) Амфібії дихають лише з допомогою зябер.
 - в) Птахи мають повітряні мішки.
 - г) До ряду Хижі відносять кабана.
10. Вірним є твердження:
 - а) Ланцетник має серце з двох камер.
 - б) Серед рептилій є яйцеживородні види.
 - в) У ссавців немає молочних залоз.
 - г) Усі птахи мають підшерстя.

11. Розмістіть тварин згідно з кількістю їх шийних хребців у послідовності від найменшої до найбільшої:

а) лебідь; б) прудка ящірка; в) жаба; г) жирафа.

12. Амфібія – це:

а) анаконда; б) короп; в) жерлянка; г) латимерія.

ДІЗНАЙТЕСЯ БІЛЬШЕ

Зоопсихологія (від зоо... і психологія) – наука, що вивчає психіку тварин, її прояви, походження і розвиток. Зоопсихологія пов'язана з екологією тварин, нейрофізіологією, фізіологією тварин та іншими науками. Результати зоопсихологічних досліджень застосовують в інших розділах психології (зокрема, у порівняльній психології), в антропології, а також у тваринництві, звірівництві, дресируванні тощо.

Лабораторна робота (до Теми 1. Біорізноманіття)

Тема. РОЗПІЗНАВАННЯ (на малюнках, слайдах, тощо) ПРЕДСТАВНИКІВ ГРИБІВ І СКЛАДАННЯ ВІДПОВІДНИХ СХЕМ ЇХ КЛАСИФІКАЦІЇ

Мета: узагальнити й систематизувати знання про різноманітність грибів, вдосконалити вміння розпізнавати та визначати гриби різних систематичних та екологічних груп, навчитись складати схеми їх класифікації на основі морфологічних ознак та описів.

Обладнання та матеріали: мікроскоп, культура дріжджів, хліб з культивованим на ньому мукором, препарувальні голки, скельця, піпетки, склянки з водою, набори роздаткового матеріалу з ілюстраціями грибів.

Інформаційний матеріал.

Класифікація передбачає підрозділ грибів на певні, чітко розмежовані групи – таксони. Розвиток мікології дозволив вибудовувати систему грибів на сукупності ознак морфологічних, біохімічних, екологічних, генетичних.

За прийнятою в Україні системою гриби поділяють на два підцарства Справжні гриби та Несправжні гриби. До кожного підцарства належать певні відділи (див. табл.).

Таблиця

Підцарство	Відділ	Представники	Особливості будови	Особливості життєдіяльності
Справжні гриби	Хітрідіо-мікота	Ольпідіум капустяний, синтрихіум ендобіотичний	Мікроскопічні одноклітинні форми, що утворюють слизову масу	Паразитують на водоростях, грибах, вищих водних рослинах безхребетних тваринах. У вологому ґрунті паразитують на вищих наземних рослинах.

Продовження табл.

	Зигомі- кота	Мукор	Одноклітинні, клітина утво- рює розгалу- ження	Сапротрофні та паразитичні організми
	Аскомі- кота	Дріжджі, ріж- ки, мікроспо- ридій, пені- цил, аспергил, трюфелі	Багатоклітин- ні організми, спори яких міс- тяться у спеці- альних сумках - асках	Сапротрофні та паразитичні організми
	Базидіо- мікота	Шапкові гриби, труто- вики, сажкові гриби, іржасті гриби.	Багатоклітинний міцелій, який формує плодове тіло, органи спороношення (базі дії) у ви- гляді трубочок, або пластинок	Сапротрофи, паразити, симбіонти
Не- справжні гриби		Сапролегнія, фітофтора		Паразитичні організми

Хід роботи.

1. Під мікроскопом розгляньте мікропрепарати мукора та дріжджів:
 - а) розгляньте неозброєним оком білу цвіль мукора, яка оселяється на зволоженому хлібі, варенні тощо. Зніміть препарувальною голкою невеликий шматочок мукора. Помістіть його на сухе предметне скло і розгляньте при малому збільшенні мікроскопа міцелій гриба. Нанесіть на препарат краплину води й розгляньте його при великому збільшенні мікроскопа. Чи мають гіфи міцелію перегородки?
 - б) краплину заздалегідь приготованої культури дріжджів розгляньте при великому збільшенні мікроскопа. Знайдіть клітини у стані брунькування.

2. Ознайомтесь з інформаційним матеріалом. Розгляньте запропоновані вам фото грибів. Визначте серед них одноклітинні, колоніальні та багатоклітинні.

Проілюструйте своє визначення грибів схемою з прикладами.

3. Користуючись таблицею з інформаційного матеріалу, здійсніть класифікуйте представлені вам на фото гриби.



Підосиковик/підосичник



Цвілеві гриби: мукор, аспергіл, пеніцил та ін.



Гриб – трутовик



Сажка на кукурудзі

4. Сформулюйте відповідний до мети та результатів роботи висновок.

Лабораторна робота 2.

Тема. РОЗПІЗНАВАННЯ (на малюнках, слайдах, тощо) ПРЕДСТАВНИКІВ РОСЛИН І СКЛАДАННЯ ВІДПОВІДНИХ СХЕМ ЇХ КЛАСИФІКАЦІЇ

Мета: поглибити знання про різноманітність рослин, вдосконалити вміння розпізнавати та визначати рослини різних систематичних груп, навчитись складати схеми їх класифікації на основі морфологічних ознак та описів.

Обладнання та матеріали: гербарії мохоподібних, хвощеподібних, папоротеподібних, плауноподібних, кімнатні рослини, серед яких представники папоротеподібних, плауноподібних, покритонасінних, фотографії, малюнки водоростей та вищих рослин, мультимедійна презентація.

Хід роботи.

1. Ознайомтесь з рослинами за гербаріями, живими об'єктами, ілюстраціями. Складіть схему систематики, користуючись такими таксономічними одиницями, як царство, підцарство, відділ.

2. Розгляньте спорові рослини за гербаріями, живими об'єктами, ілюстраціями. Складіть схему класифікації таких видів мохоподібних, як маршанція мінлива, сфагнум білий та політрих звичайний.

3. Складіть схему класифікації спорових судинних рослин, включивши до неї такі види рослин, як сальвінія плаваюча, хвощ польовий, плаун булавоподібний.

4. Користуючись наданими матеріалами, складіть схему класифікації голонасінних рослин. Вкажіть представників кожного з класів цього відділу.

5. Складіть схему класифікації покритонасінних рослин від відділу до окремих видів, включивши до неї такі таксономічні одиниці, як відділ, клас, родина, рід, вид.

6. Сформулюйте відповідний до мети та результатів роботи висновок.

Лабораторна робота 3.

Тема. РОЗПІЗНАВАННЯ (на малюнках, слайдах, тощо) ПРЕДСТАВНИКІВ ТВАРИН І СКЛАДАННЯ ВІДПОВІДНИХ СХЕМ ЇХ КЛАСИФІКАЦІЇ

Мета: поглибити знання про різноманітність тварин, вдосконалити вміння розпізнавати та визначати тварин різних систематичних груп, навчитись складати схеми їх класифікації на основі морфологічних ознак та описів.

Обладнання та матеріали: ілюстрації та слайди з зображенням тварин різних систематичних груп, колекції членистоногих.

Хід роботи.

1. Користуючись теоретичним матеріалом посібника, складіть класифікацію тварин, користуючись такими таксономічними одиницями як царство, підцарство, тип, підтип, надклас, клас.

2. Користуючись колекціями та ілюстраціями складіть схему систематики типу Членистоногі, відобразивши підпорядкованість таких таксономічних одиниць, як тип, підтип, клас, підклас, ряд. Наведіть приклади представників різних рядів членистоногих.

3. Користуючись ілюстраціями та слайдами складіть схему систематики типу Хордові, відобразивши підпорядкованість таких таксономічних одиниць, як тип, підтип, надклас, клас, підклас, наряд, ряд. Наведіть приклади представників різних рядів хордових.

4. Сформулюйте відповідний до мети та результатів роботи висновок.

Практична робота

Тема. ВИЯВЛЕННЯ РОДИННИХ ЗВ'ЯЗКІВ МІЖ ТАКСОНАМИ

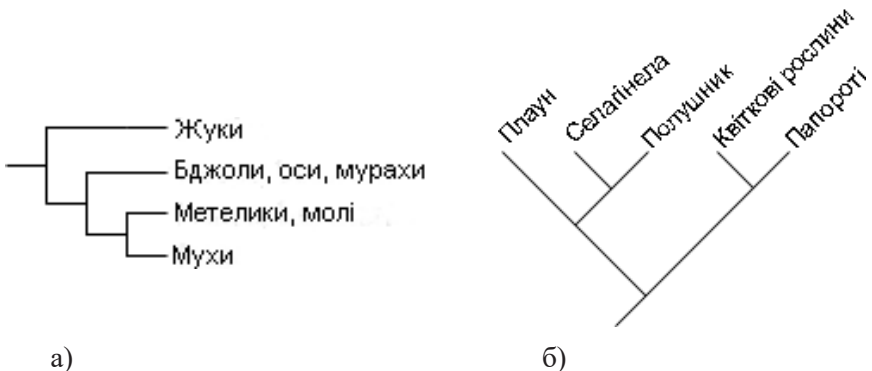
Мета: вдосконалити знання про філогенетичні зв'язки між систематичними групами організмів, навчитися коментувати зміст кладограм та пояснювати зв'язки між систематичними групами за допомогою філогенетичного дерева та діаграм еволюційного розвитку. На конкретних прикладах рослинних та тваринних об'єктів вивчити походження великих систематичних груп шляхом ароморфозів.

Обладнання та матеріали: таблиці із представниками різних класів типу хордові, гербарні матеріали водоростей, мохоподібних, хвощеподібних, папоротеподібних, плауноподібних, голонасінних та покритонасінних рослин, посібник.

Хід роботи.

1. Проаналізуйте з §5 малюнок 14, де наведена схема еволюційних взаємовідносин між організмами, які походять від поки невідомого спільного предка прокариотів. Які взаємозв'язки ви прослідковуєте? Запишіть.

2. Розгляньте кладограми, які є одним з способів знаходження філогенетичних зв'язків між таксонами.



Мал. 1. Кладограми: а – кладограма, що показує взаємовідносини між різними групами комах; б – кладограма класичного деревоподібного виду, що показує взаємовідносини між різними групами рослин

Письмово прокоментуйте одну з них.

3. Розгляньте запропоновані вам рослинні об'єкти, визначте їх систематичну приналежність до певного відділу. Із запропонованих у списку змін, що виникли в ході еволюції рослин, визначте ароморфози. Еволюційні зміни рослин: виникнення хлорофілу, виникнення фотосинтезу, утворення тканин та органів, утворення видозмін кореня, поява квітки, поява насіння, поява різних видів запилення, подвійне запліднення, поява плодів, виникнення статевого процесу.

За результатами роботи заповніть таблицю:

Відділ рослин	Середовище існування	Ароморфози	Риси схожості з предковою групою

4. Розгляньте запропоновані вам ілюстрації тварин, визначте їх систематичну приналежність до певного класу. Із запропонованих у списку змін, що виникли в ході еволюції тварин, визначте ароморфози. Еволюційні зміни тварин: виникнення багатоклітинності, виникнення статевого процесу, утворення ластів, виникнення хребта, поява кори великих півкуль, утворення двох кіл кровообігу, незалежність процесу розвитку від водного середовища, внутрішнє запліднення, поява п'ятипалої кінцівки, теплокровність, диференціація зубів, відсутність шкірних залоз.

За результатами роботи заповніть таблицю:

Клас тварин	Середовище існування	Ароморфози	Риси схожості з предковою групою

5. Сформулюйте висновок за результатами роботи.

ТЕМА 2. ОБМІН РЕЧОВИН І ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕНЕРГІЇ

§ 12. ОБМІН РЕЧОВИН І ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕНЕРГІЇ В БІОЛОГІЧНИХ СИСТЕМАХ. АСИМІЛЯЦІЯ ТА ДИСИМІЛЯЦІЯ

Терміни та поняття: обмін речовин, метаболізм, асиміляція, дисиміляція, типи живлення, фітофагія, сапрофагія, хижацтво, паразитизм.

КРОК ПЕРШИЙ: пригадуємо.

1. Що таке біологічна система?
2. Поясніть терміни: метаболізм, гомеостаз, автотроф, гетеротроф.
3. Які джерела Карбону та енергії використовують автотрофні організми, а які – гетеротрофні?
4. Які організми називають аеробними, а які – анаеробними ?

КРОК ДРУГИЙ: визначаємось (крок у майбутнє).

Обов'язковою умовою існування кожної біологічної системи є постійний приплив поживних речовин і виділення кінцевих продуктів обміну. Поживні речовини використовуються організмами як джерела атомів хімічних елементів (передусім атомів Гідрогену, Нітрогену, Оксигену та Карбону), з яких будуються або оновлюються усі структури. Для будь-якого синтезу завжди потрібна енергія, що потрапляє з довкілля та вивільняється під час розщеплення складних органічних речовин. Утворюється замкнене коло, яке ми й називаємо обміном речовин та перетворенням енергії. А чи наявний такий взаємозв'язок між процесами у біогеоценозах, біосфері в цілому? Чи залучені до нього всі живі організми нашої планети? Про це ви дізнаєтесь з матеріалу параграфа.

КРОК ТРЕТІЙ: навчаємось.

Раніше, під час вивчення процесів травлення в організмі людини, ви вже ознайомилися з обміном речовин, що є прикладом гетеротрофного типу живлення – використання організмом для їжі готових органічних сполук. Крім того, вам уже відомо про процеси фотосинтезу, які відбуваються в рослинах, що є прикладом автотрофного типу живлення – біосинтезу органічних речовин з неорганічних в хлоропластах.

Обмін речовин, або метаболізм, – сукупність процесів поглинання речовин із навколишнього середовища, їхніх перетворень в організмі та виведення з нього кінцевих продуктів життєдіяльності. Метаболізм забезпечує організм речовиною та енергією, необхідними для самовідтворення, самооновлення і саморегуляції.

Розглянемо обмін речовин і перетворення енергії системно – з позицій єдності процесів утворення (біосинтезу), перетворення та виділення речовини та енергії на різних рівнях організації біологічних систем: від молекулярного й клітинного (дії ферментів, пігментів фотосинтезу; особливостей структур і процесів у клітинах автотрофів і гетеротрофів) до екосистемного (форм біотичних взаємовідносин між різними видами організмів у вигляді фітофагії, сапрофагії, хижацтва, паразитизму). Саме обмін речовин і перетворення енергії об’єднують усі живі організми з навколишнім природним середовищем.

Обмін речовин охоплює два взаємопов’язані процеси – асиміляцію і дисиміляцію (мал. 67).

Обмін речовин охоплює два взаємопов’язані процеси – асиміляцію і дисиміляцію (мал. 67).

Асиміляція (пластичний обмін, анаболізм) – сукупність реакцій біосинтезу нових органічних сполук із простих, на які витрачається енергія. До таких процесів відносять фотосинтез, хемосинтез, біосинтез білків, біологічно активних речовин, біосинтез ДНК і РНК.

Дисиміляція (енергетичний обмін, катаболізм) – сукупність реакцій розщеплення складних органічних сполук на прості, під час яких енергія виділяється.



Мал. 67. Єдність процесів асиміляції



Мал. 68. Типи живлення організмів та дисиміляції

Значення метаболізму полягає в забезпеченні біологічних систем будівельним матеріалом (речовиною) та енергією для підтримання життєдіяльності (розмноження, дихання, росту, розвитку, руху, под-разливості та ін.).

Типи живлення організмів. Живленням називається процес надходження, перетворення й засвоєння організмом поживних речовин та енергії, що використовуються для його самооновлення і самовідтворення. У процесі історичного розвитку (*філогенезу*) виникло декілька груп організмів, що відрізняються за типом живлення й особливостями обміну речовин, – *автотрофи*, *гетеротрофи* і *міксотрофи* (організми зі змішаним типом живлення) (мал. 68). Міксотрофи живляться як автотрофно, так і гетеротрофами.

Автотрофи (*автотрофні організми*) – організми, що синтезують органічні речовини з неорганічних шляхом фотосинтезу (за допомогою енергії світла) – *фотоавтотрофи* (*фототрофи*), або хемосинтезу (за рахунок енергії хімічних реакцій) – *хемоавтотрофи* (*хемотрофи*).

До фототрофів належать усі зелені рослини, ціанобактерії. Ці організми живляться органічними речовинами, які синтезують із неорганічних речовин (CO_2 і H_2O) у хлоропластах за допомогою енергії світла. До хемотрофів відносять бактерії-хемосинтетики (нітрифікуючі бактерії, сіркобактерії та залізобактерії тощо), що теж синтезують для себе органічні сполуки з неорганічних речовин (CO_2 і H_2O), але використовують енергію не світла, а хімічних реакцій. Кисень при хемосинтезі не виділяється.

Автотрофи – єдині творці первинної продукції (органічної речовини) у біосфері, які визначають існування всіх інших організмів.

Гетеротрофні організми (*гетеротрофи*) – організми, які живляться готовими органічними сполуками, створеними автотрофами. Екологічні особливості трофічних (харчових) відносин між організмами відображають поділ гетеротрофів на типи: фітофаги, сапрофаги, хижаки, паразити.

Фітофаги – тип гетеротрофних тварин, які харчуються рослинами. Основними фітофагами є копитні, гризуни, комахи, зокрема карпофаги (фітофаги, що харчуються плодами), ксилофаги (фітофаги, які



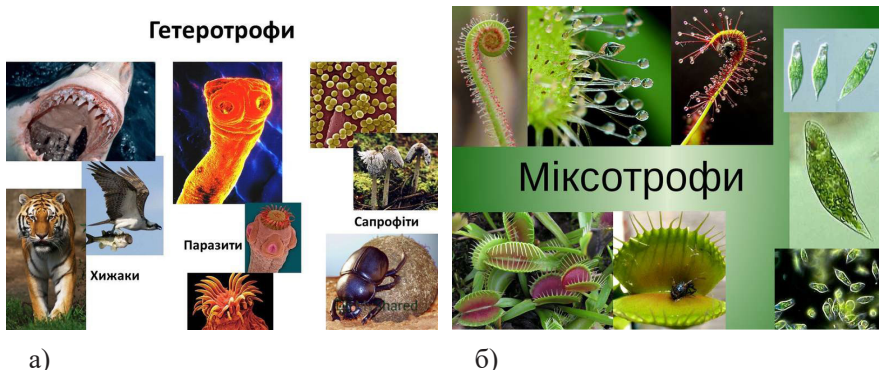
Мал. 69. Фітофаги – тварини, які харчуються рослинами

харчуються деревиною), різофаги (фітофаги, що харчуються корінням, цибулинами, кореневищами), мікофаги (наприклад, личинки кліщів, які харчуються гіфами грибів) та ін.

Сапрофаги (сапрофіти) – тварини, котрі живляться мертвими залишками інших організмів (*некрофаги*) або їхніми екскрементами (*копрофаги*). Наприклад, раки, грифи, жуки-гноювики, гриби, сапрофітні бактерії. Знищуючи гниючі залишки, сапрофаги відіграють у природі роль санітарів. *Детритофаги* споживають подрібнену органіку – детрит. До них відносять дощового черв'яка, личинок комах (розвиваються у ґрунті) та окремих тварин, котрі мешкають у воді (коловертки, планктонні ракоподібні, малощетинкові черви, двостулкові моллюски).

Хижаци. Хижацтво – біотичні взаємовідносини між організмами, які полягають у тому, що один організм (хижак) поїдає інший (жертву). Наприклад, лев поїдає зебру, вуж – жабу, павук – муху тощо. Хижаки певною мірою покращують якість популяцій жертв, оскільки насамперед знищують тварин повільних, кволих, хворих.

Паразити. Паразитизм – форма біотичних відносин організмів різних видів, за якої один живе за рахунок іншого, перебуваючи всередині або на поверхні його тіла. При цьому паразит використовує живого хазяїна не тільки як джерело харчування, а і як місце постійного або тимчасового проживання. До них належать паразитичні комахи (оводи, блохи, воші), паразитичні рослини (повитиця, вовчок), паразитичні черв'яки (аскариди).



Мал. 70. а) поділ гетеротрофних організмів за формами біотичних відносин; б) представники міксотрофів (змішаний тип живлення – як автотрофний, так і гетеротрофний)

Міксотрофами називають організми зі змішаним типом живлення (живляться як автотрофно, так і гетеротрофно). До міксотрофів відносять окремі залізобактерії, сіркобактерії, водорості, джгутикові, рослини-напівпаразити (омела біла), комахоїдні рослини (росичка, сарacenія).

Гетеротрофні організми разом з автотрофами й міксотрофами утворюють єдину біологічну систему, пов'язану харчовими відносинами.

Опорні точки (висновки).

- Обмін речовин, або метаболізм, – це сукупність процесів поглинання речовин із навколишнього середовища, їхніх перетворень в організмі та виведення з нього кінцевих продуктів життєдіяльності.
- За типом живлення й особливостями обміну речовин організми поділяють на такі групи – автотрофи, гетеротрофи і міксотрофи.
- Автотрофи (автотрофні організми) – організми, що синтезують органічні речовини з неорганічних шляхом фотосинтезу – фотоавтотрофи (фототрофи), або хемосинтезу – хемоавтотрофи (хемотрофи).
- Гетеротрофні організми (гетеротрофи) – організми, які живляться готовими органічними сполуками, створеними автотрофами. Екологічні особливості трофічних відносин між організмами

відображають поділ гетеротрофів на групи: фітофаги, сапрофаги, хижаки, паразити.

- Міксотрофи – організми з змішаним типом живлення (живляться як автотрофно, так і гетеротрофно).
- Гетеротрофні організми разом з автотрофами і міксотрофами утворюють єдину біологічну систему, пов'язану харчовими відносинами.

КРОК ЧЕТВЕРТИЙ: відтворюємо.

1. Дайте визначення обміну речовин.
2. З яких процесів складається обмін речовин?
3. У чому полягає особливість пластичного обміну в рослин?
4. За якими особливостями живлення організми відносять до гетеротрофів? Наведіть приклади відомих вам автотрофних та гетеротрофних організмів.
5. Який тип живлення називають міксотрофним?
6. Які організми-міксотрофи ви знаєте?
7. Як пов'язані між собою автотрофні, гетеротрофні та міксотрофні організми?

КРОК П'ЯТИЙ: застосовуємо.

1. Складіть схему трофічної (харчової) класифікації організмів.
2. Заповніть таблицю:

Тип живлення	Характер живлення	Представники
Фототрофний		
Хемотрофний		
Міксотрофний		
Фітофаги		
Хижаки		
Паразити		
Сапрофаги		
Некрофаги		
Копрофаги		
Детритофаги		

3. Порівняйте хижацтво та паразитизм. Що спільного і відмінного є в цих типах живлення?

4. Поясніть зв'язок між пластичним та енергетичним обміном.

КРОК ШОСТИЙ: пропонуємо, формулюємо гіпотези та шляхи їх розв'язання.

1. Вовків називають санітарами лісу, оскільки вони знищують хворих та слабких тварин. А за що називають санітарами моря мідій? До якої групи за типом живлення вони належать?

2. Завдяки найбільшому ареалу поширення ці нижчі рослини є головними постачальниками кисню для атмосфери планети, а також відіграють вирішальну роль у трофічних зв'язках у водних екосистемах. Що це за організми і який тип живлення для них характерний?

3. У XVIII ст. англійські колонізатори завезли до Австралії корів, що ледь не стало причиною екологічної катастрофи. Коров'ячий гній став отруювати місцеві рослини та родючі ґрунти. Яку ще тварину вимушені були завести англійці, щоб виправити становище? Який тип живлення притаманний цій тварині?

КРОК до ЗНО.

1. У процесі хемосинтезу нітрифікуючі бактерії окиснюють:

А солі Феруму;

Б амоніак;

В сірководень;

Г чадний газ.

2. Хемосинтез здійснюють:

А зелені водорості;

Б тварини;

В феробактерії;

Г гриби.

3. Енергію світла для синтезу органічних сполук використовують:

А фототрофи;

Б облігатні хемотрофи;

- В гетеротрофи;
Г факультативні хемотрофи.
4. До автотрофного живлення не здатні:
А залізобактерії;
Б зелені рослини;
В тварини;
Г червоні водорості.
5. Енергію хімічних реакцій для синтезу органічних сполук використовують:
А фототрофи;
Б сапротрофи;
В фітофаги;
Г хемотрофи.
6. Фотосинтез здійснюють:
А печериця;
Б стафілокок;
В кульбаба лікарська;
Г амеба протей.
7. Як основне джерело енергії готові органічні речовини використовує:
А ламінарія;
Б миша хатня;
В хлорела;
Г ялиця.
8. Гетеротрофом є:
А кактус;
Б кукурудза;
В мукор;
Г шипшина.
9. Позначте рядок, у якому наведено назви паразитів:
А миша хатня, тарган рудий, терміт, муха хатня;
Б ластівка сільська, синиця велика, грак, крук;
В ехінокок, малярійний плазмодій, стьожак широкий;
Г акула біла, скат-хвостокол, морський їжак.

ДІЗНАЙТЕСЯ БІЛЬШЕ

Виявляється, у природі серед рослин є «приховані» паразити. Зовні вони зелені, як усі фототрофи, однак справжніх коренів не мають. У цих рослин є корені-присоски, якими вони присмоктуються до тканин стебла, листків, коренів інших рослин і споживають готові органічні речовини. Такі «перевертні» називаються напівпаразитами.



Мал. 71. Представник рослин напівпаразитів (Омела біла)

Наука – практиці.

Альтернативою хімічного методу є біологічний захист рослин від шкідників, хвороб та бур'янів, що ґрунтується на використанні природних ворогів комах-шкідників культурних рослин (ентомофагів), а також тварин-фітофагів, які харчуються бур'янами.



Мал. 72. Пециліус мідний – комаха ентомофаг

Практична зацікавленість біологічним методом зумовлена тим, що він безпечний для людини й теплокровних тварин. У статуті Міжнародної організації біологічної боротьби, створеної в 1948 р. з метою біологічного захисту рослин, вказано, що термін «біологічна боротьба» означає використання живих організмів для запобігання втратам, які завдаються шкідливими організмами, а також застосування біологічно активних речовин, які керують поведінкою організмів, що є шкідниками культурних рослин, з метою регулювання чисельності популяції шкідників.

Пециліус мідний (*Pocillus cupreus* L.) – жук середнього розміру (13 мм) з надкрилами мідно-червоного, бронзового, зеленого або чорного з металевим блиском кольору. Знищує яйцекладки та личинок колорадського жука молодших віків. За добу один дорослий жук (за даними лабораторних досліджень) з'їдає 8 яєць або 25 личинок першого віку. Найактивніший до першої половини літа.

§ 13. СТРУКТУРА КЛІТИН, ЯКІ ЗАБЕЗПЕЧУЮТЬ ПРОЦЕСИ МЕТАБОЛІЗМУ

Терміни та поняття: компартментація метаболізму, ендоплазматична сітка, комплекс Гольджі, мітохондрії, лізосоми, етапи енергетичного обміну, АТФ.

КРОК ПЕРШИЙ: пригадуємо.

1. Що таке клітина?
2. Які органели входять до складу клітини?
3. Наведіть приклади зв'язку будови органели з виконуваними нею функціями.
4. Чим схожі й чим відрізняються клітини рослин і тварин?
5. Що таке клітинне дихання?
6. Які процеси обміну відбуваються в клітині?

КРОК ДРУГИЙ: визначаємося (крок у майбутнє).

Маленький метелик, кремезний дуб чи звичайна людина мають спільну характерну ознаку – усі вони складаються з клітин. Форма, розмір і внутрішня будова клітин визначають процеси обміну речовин (метаболізму), які відбуваються в них. Кожна органела відокремлена від іншої органели й гіалоплазми мембранами і виконує притаманну тільки їй функцію, але разом вони забезпечують загальне функціонування біологічної системи – клітини. У свою чергу, обмін речовин у кожній клітині підтримує життєдіяльність і створює умови для виживання багатоклітинного організму в довкіллі.

Спробуємо розібратися детальніше у цих питаннях.

КРОК ТРЕТІЙ: навчаємося.

Під час вивчення клітин різних організмів ви вже ознайомилися з будовою і функціями їхніх окремих структур – органел (ядра, мітохондрій, пластид хлоропластів, ендоплазматичного ретикулуму, апарату Гольджі, лізосом, клітинного центру, рибосом) та біологічної (плазматичної) мембрани. Кожній органелі, як і гіалоплазмі, властиві певна сукупність ферментів і послідовність реакцій обміну речовин.

Компартментація метаболізму. Мембрани поділяють вміст клітини на окремі відсіки – *компартменти* (англ. *compartment* – відсік), завдяки чому в клітині водночас можуть відбуватися реакції синтезу,

перетворення та розпаду речовин. Компартментами є органели і гіалоплазма. *Компартментація метаболізму* – просторове відокремлення за допомогою мембран ферментів і субстратів у клітині; тобто це просторове за допомогою мембран роз'єднання послідовності біохімічних реакцій обміну речовин у клітині.

Структури клітин, які забезпечують процеси метаболізму.

Нормальний перебіг процесів метаболізму забезпечує злагоджена робота всіх органел клітини і гіалоплазми (див. мал. 39, § 9).

Розглянемо головних учасників клітинного метаболізму.

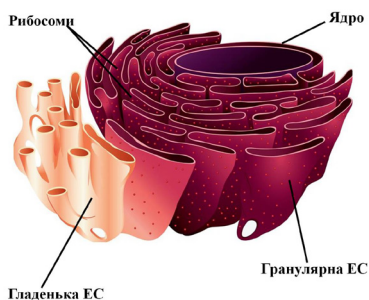
У біосинтетичних процесах пластичного обміну найактивнішу участь беруть спеціалізовані для цього клітинні структури. Зокрема, *фотосинтез* у рослинах відбувається в хлоропластах (світлова фаза – в мембранах тилакоїдів гран, темнова – у стромі).

Синтез білків здійснюється на рибосомах гранулярної (шорсткуватої) ендоплазматичної сітки (ЕПС). На рибосомах утворюються білки з первинною структурою, а подальше ускладнення білкових молекул – утворення вторинної, третинної і четвертинної структур – відбувається вже в ЕПС і комплексі Гольджі (КГ). *Біосинтез ліпідів* – здійснюється в цистернах гладенької ЕПС.

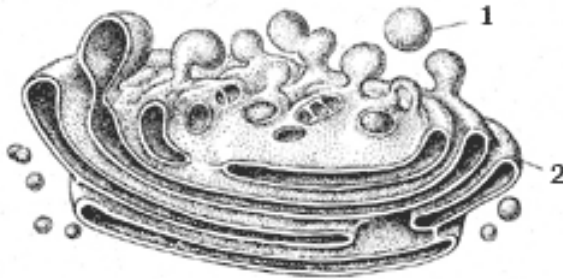
Ендоплазматична сітка також забезпечує транспортування речовин, формування клітинних мембран; беру участь в утворенні *комплексу*



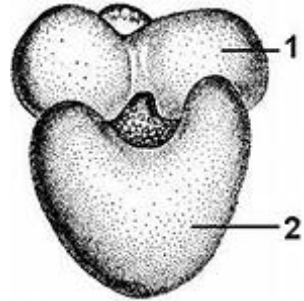
Мал. 73. Будова хлоропласту (тилакоїди мають вигляд монет, що складені купками й утворюють грани)



Мал. 74. Ендоплазматична сітка (ЕПС), або ендоплазматичний ретикулум



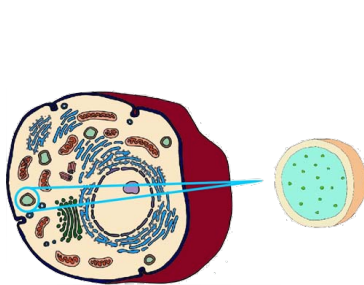
Мал. 75. Комплекс Гольджі:
1 – пухирці; 2 – диктіосоми



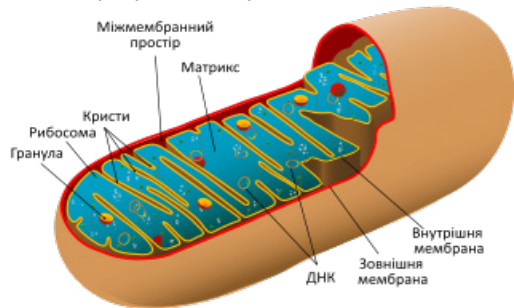
Мал. 76. Рибосома:
1 – мала субодиниця;
2 – велика субодиниця

Гольджі, лізосом, вакуолей. Комплекс Гольджі постачає хімічні компоненти для побудови клітинної стінки рослин.

Лізосоми (з грец. *lysis* – розчинення, *soma* – тіло) – це одномонобрани органели у вигляді міхурців, заповнених гідролітичними ферментами (протеазами, ліпазами, амілазами, нуклеазами). Вони відіграють роль внутрішньоклітинного травлення та виконують захисну функцію розщеплення чужорідних для клітини частинок (вірусів, бактерій). Лізосоми можуть бути розташовані у будь-якому місці цитоплазми.



Мал. 77. Лізосома
(містить ферменти)



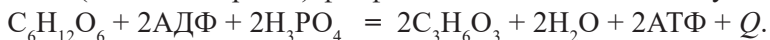
Мал. 78. Будова мітохондрії

Процеси енергетичного обміну відбуваються поетапно в гіалоплазмі й мітохондріях.

Перший етап – підготовчий – розпочинається в травних вакуолях, лізосомах. Тут біополімери розщеплюються на мономери під дією ферментів: білки – на амінокислоти, полісахариди – на глюкозу та

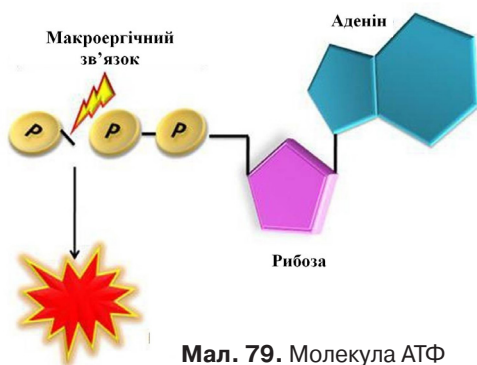
інші моносахариди, жири – на жирні кислоти та гліцерин, нуклеїнові кислоти – на нуклеотиди. Процес супроводжується виділенням незначної кількості енергії, яка розсіюється у вигляді тепла.

Другий етап енергетичного обміну – гліколіз (анаеробний процес) відбувається в цитоплазмі. На цьому етапі прості органічні сполуки, які утворилися на попередньому етапі, зазнають подальшого розщеплення без участі кисню. Глюкоза під дією ферментів розщеплюється на дві молекули молочної кислоти ($C_3H_6O_3$). Частина енергії розсіюється у формі тепла (Q), а частина акумулюється (тобто накопичується) у макроергічних (багатих енергією) фосфатних зв'язках двох молекул АТФ:



Механізм акумуляції енергії у процесі гліколізу називають субстратним фосфорилуванням.

АТФ (аденозинтрифосфорна кислота) – універсальний акумулятор енергії в клітинах. Складається з нітратної основи аденіну, цукру рибози і трьох залишків ортофосфорної кислоти. При відщепленні від АТФ одного залишку ортофосфорної кислоти ($1\Phi_H$) утворюється АДФ (аденозиндифосфорна кислота) і вивільняється 40 кДж/моль енергії: АТФ = АДФ + Φ_H + 40 кДж/моль) (мал. 79). Енергія макроергічних зв'язків (P~P~P) використовується для життєдіяльності (рухів, розмноження, регенерації та ін.). Отже, розрив одного макроергічного зв'язку (P~P) виділяє 40 кДж енергії. Енергетичний ефект гліколізу – 80 кДж, бо утворюється дві молекули АТФ.



Мал. 79. Молекула АТФ

Третій етап – клітинне дихання (аеробний процес) – відбувається в матриксі й кристах мітохондрій. На цьому етапі аеробне перетворення вуглеводів триває за рахунок розщеплення молочної кислоти до води і вуглекислого газу. Енергетичний ефект: 1440 кДж (36 молекул АТФ):



Отже, повне рівняння розщеплення глюкози таке:



Механізм акумуляції енергії у процесі гліколізу називають *окисним фосфорилуванням*.

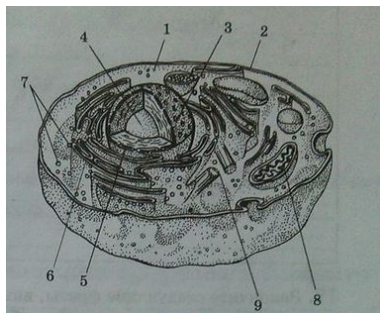
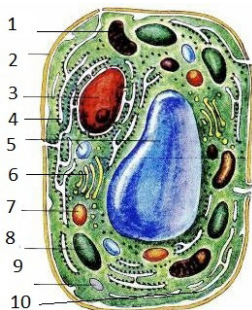
Порівняння безкисневого й кисневого етапів свідчить, що останній значно ефективніший. Обидва ці процеси у вигляді повного розщеплення глюкози зумовлюють акумуляцію 1520 кДж енергії, яка зосереджується у 38 молекулах АТФ, а решта енергії розсіюється у вигляді тепла (Q).

Опорні точки (висновки).

- Обмін речовин цілісного організму визначається обміном усіх його клітин.
- Мембрани поділяють вміст клітини на окремі відсіки – компартменти. Компартментами є органели та гіалоплазма.
- Компартментація метаболізму – просторове за допомогою мембран роз'єднання послідовності біохімічних реакцій обміну речовин в клітині.
- У біосинтетичних процесах пластичного обміну найактивнішу участь беруть спеціалізовані для цього клітинні структури – хлоропласти, ЕПС, комплекс Гольджі, рибосоми.
- Процеси енергетичного обміну відбуваються в поетапно в гіалоплазмі й мітохондріях.
- Етапами енергетичного обміну є: підготовчий, гліколіз, клітинне дихання.

КРОК ЧЕТВЕРТИЙ: відтворюємо.

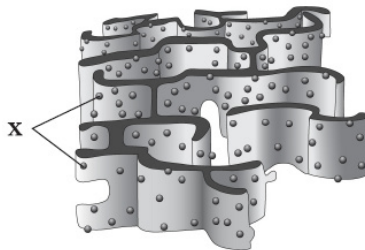
1. Назвіть органели клітин, зображених на малюнку, відповідно до нумерації.



2. Що таке компартментація метаболізму?
3. Які органели беруть участь у процесах пластичного обміну?
4. Як пов'язані між собою органели? Які органели беруть участь у процесах пластичного обміну?
5. Які функції виконують лізосоми, комплекс Гольджі, ЕПС?
6. В яких органелах відбуваються процеси енергетичного обміну?
7. Назвіть етапи енергетичного обміну.
8. Яке значення має синтез АТФ у клітині?

КРОК П'ЯТИЙ: застосовуємо.

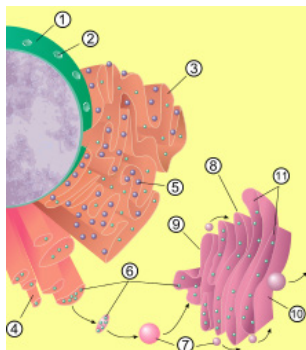
1. Яка органела позначена буквою X та які функції вона виконує в клітині?



2. Чому зображену на малюнку органелу називають енергетичною станцією та дихальним центром клітини?



3. Поясніть функціональний зв'язок між органелами, зображеними на малюнку. Розшифруйте цифрові позначення.



Заповніть таблицю:

Особливості енергетичного обміну

Етапи	Місце перебігу реакцій	Особливості перебігу реакцій

КРОК ШОСТИЙ: пропонуємо, формулюємо гіпотези та шляхи їх розв'язання.

1. Які анаеробні організми вам відомі та яким способом вони отримують енергію для своєї життєдіяльності ?

2. У чому полягає автономія хлоропластів та мітохондрій? Яке це має значення для життєдіяльності клітини?

3. Які компоненти входять до складу білкосинтезуючої системи клітини? Що відбудеться, якщо один з компонентів «зникне» з цієї системи?

4. Як взаємопов'язані процеси асиміляції та дисиміляції на рівні клітини?

5. Яке значення в обміні речовин у клітині відіграють включення?

КРОК до ЗНО.

1. Вкажіть місце синтезу АТФ у клітині:

А ядро;

Б рибосоми;

- В ендоплазматична сітка;
Г мітохондрії.
2. Позначте кількість молекул АТФ, які синтезуються під час гліколізу:
А 2; Б 12; В 24; Г 36.
3. Позначте кількість молекул АТФ, які синтезуються під час кисневого розщеплення однієї молекули глюкози:
А 2; Б 12; В 24; Г 36.
4. У процесі повного розщеплення глюкози утворилося 38 молекул АТФ. Вкажіть, скільки молекул АТФ утворилося на безкисневому етапі енергетичного обміну:
А одна молекула;
Б дві молекули;
В три молекули;
Г чотири молекули.
5. Позначте, яка кількість глюкози зазнала дисиміляції в організмі людини, якщо в результаті утворилось 48 моль вуглекислого газу:
А 6 моль; Б 8 моль; В 18 моль; Г 24 моль.
6. Вкажіть рядок, який містить відповідні дані для заповнення пропусків у рівнянні:

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + \dots + \dots \rightarrow 6CO_2 + 44H_2O + \dots + Q$$
 А 36 АДФ; $36H_3PO_4$; 36 АТФ;
 Б 6 АДФ; $6H_3PO_4$; 6 АТФ;
 В 38 АДФ; $38H_3PO_4$; 38 АТФ;
 Г 2 АДФ; $2H_3PO_4$; 2 АТФ.
7. Визначте відповідність між назвами органел та їх біологічними функціями:
- | | |
|--------------------|---|
| 1. Шорсткувата ЕПС | А Система синтезу й транспортування вуглеводів та ліпідів |
| 2. Гладенька ЕПС | Б Органели здатні розщеплювати білки, ліпіди, вуглеводи |
| 3. Лізосоми | В Система синтезу й транспорту білків |
| 4. Вакуолі | Г Органела для накопичення води й підтримання тurgору (напруженого стану оболонки живих клітин) |

8. Визначте послідовність подій пластичного обміну:

А виконання синтезованими сполуками їх біологічних функцій;

Б синтез «будівельних блоків» з проміжних речовин;

В синтез макромолекул білків, нуклеїнових кислот, полісахаридів, жирів із простих молекул;

Г синтез проміжних сполук із низькомолекулярних речовин.

ДІЗНАЙТЕСЯ БІЛЬШЕ

Швидкість метаболізму в організмі людини залежить від різних факторів: статі і віку людини, ступеня фізичної і психічної активності, розмірів тіла і особливостей статури, співвідношення м'язової і жирової тканини, гормональних і генетичних факторів, режиму дня, особливостей харчування, температури навколишнього середовища. Встановлено, що швидкість основного обміну (кількість енергії, що витрачається в стані спокою за одиницю часу) у людей може різнитися майже на 25%.

§ 14. РОЛЬ ФЕРМЕНТІВ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ МЕТАБОЛІЗМУ В КЛІТИНІ

Терміни та поняття: ферменти, класи ферментів, коферменти, активатори й інгібітори ферментів.

КРОК ПЕРШИЙ: пригадуємо.

1. Що таке ферменти? Яку хімічну природу вони мають?
2. Чим прості ферменти відрізняються від складних?
3. Охарактеризуйте роль ферментів у процесах травлення людини.
4. Які фактори впливають на діяльність ферментів?
5. Чому наявність ферментів є необхідною умовою для нормальної життєдіяльності клітини?

КРОК ДРУГИЙ: визначаємось (крок у майбутнє).

Без ферментів люди і тварини не можуть перетравлювати їжу. Практичне застосування цих речовин у побуті триває вже понад 5 тисяч років – з того часу, коли люди навчилися зберігати молоко у «посуді» зі шлунків тварин (за таких умов під впливом властивостей ферментів молоко перетворювалося на сир). Нині ці біологічно активні речовини незамінні в різних галузях промисловості й використовуються для виробництва хліба, йогуртів, пива, спирту, обробки шкіри та текстилю. У спеціальних миючих засобах і пральних порошках також наявні ферменти, що допомагають ліквідувати біологічні забруднення при помірних температурах теплої води. Про унікальні властивості й можливості цих речовин дізнайтесь із матеріалу посібника.

КРОК ТРЕТІЙ: навчаємось.

Ферменти (або ензими)

Ферменти – біологічні каталізатори білкової природи, які наявні в усіх живих клітинах і сприяють перетворенню одних речовин (субстратів) на інші (продукти). Вони характеризуються дуже високою специфічністю та ефективністю дії. Усі процеси в живому організмі – розмноження, дихання, травлення, м'язове скорочення, фотосинтез та ін. – відбуваються безпосередньо або опосередковано за допомогою ферментів. Вчення про ферменти називається **ензимологія**. Назва багатьох ферментів утворюється шляхом додавання суфікса *-аза* до назви субстрату (сполуки, на

яку діє фермент): ліпаза, пептидаза, нуклеаза, амілаза.

Відомо майже три тисячі ферментів. Класифікація ферментів враховує як специфічність їхньої дії на субстрат, так і тип хімічних реакцій, які вони каталізують. Вченими складено каталог ферментів (КФ), де кожному з них присвоєно власний номер і систематичну назву. Наприклад, пепсин (фермент шлункового соку) за класифікацією ферментів позначається КФ 3.4.23.1, амілаза (фермент слини, розщеплює крохмаль на глюкозу) – КФ 3.2.1.1.

За типом реакції, що каталізують ферменти, вони поділяються на шість класів (шифр КФ):

1-й клас (КФ 1) – *оксидоредуктази* – ферменти, які каталізують окисно-відновні реакції; забезпечують анаеробні й аеробні процеси метаболізму;

2-й клас (КФ 2) – *трансферази* – ферменти перенесення, що каталізують перенесення різних груп від однієї сполуки до іншої; поширені в рослинних і тваринних організмах, беруть участь у перетвореннях вуглеводів, ліпідів, нуклеїнових і амінокислот;

3-й клас (КФ 3) – *гідролази* – каталізують реакції гідролізу, тобто розщеплення складних молекул на прості за участю води; зокрема на першому етапі енергетичного обміну – підготовчому – гідролази травних вакуолей і лізосом розщеплюють складні органічні сполуки до простих (табл. 2).

Таблиця 2

Розщеплення складних органічних речовин у лізосомах

Складні органічні речовини	Ферменти	Прості органічні речовини
Білки	Протеази	Амінокислоти
Жири	Ліпази	Гліцерин, вищі жирні кислоти
Вуглеводи (полісахариди)	Амілази	Глюкоза та інші моносахариди
Нуклеїнові кислоти	Нуклеази	Нуклеотиди

4-й клас (КФ 4) – *ліази* – каталізують реакції негідролітичного розщеплення з утворенням подвійних зв'язків або приєднання груп у місцях розриву подвійних зв'язків;

5-й клас (КФ 5) – *ізомерази* – каталізують реакції ізомеризації, тобто внутрішньомолекулярного перенесення хімічних груп і утворення ізомерних форм різних органічних сполук;

6-й клас (КФ 6) – *лігази (синтетази)* – каталізують реакції синтезу з використанням енергії фосфатного зв'язку АТФ.

Будова ферментів. Вибірковість дії ферментів на різні субстрати пов'язана з їхньою будовою. Молекули всіх ферментів мають один або кілька активних центрів, якими вони специфічно прикріплюються до конкретного субстрату (як ключ до свого замка). Розрізняють прості й складні ферменти.

Молекули простих ферментів складаються лише з амінокислот (пепсин, уреаза), а складних – із двох частин: білкової (*апоферменту*) і небілкової (*коферменту*). Коферментами можуть бути метали, вітаміни, флавін та інші речовини; коферменти входять до складу активного центру ферменту. Активний центр відповідає за специфічну взаємодію ферменту із субстратом, утворення фермент-субстратного комплексу та каталітичне перетворення субстрату. Кожен фермент виявляє максимальну активність при фізіологічному (оптимальному) значенні температури і *pH* (міра активності йонів водню в розчині, тобто ступінь його кислотності або розчину). Зокрема, для ферментів слини – амілази – нейтральне середовище ($pH = 6,8-7,0$); ферментів шлунку – пепсину – кисле середовище ($pH = 1,5-2,5$).

Активатори та інгібітори ферментів. Хімічні речовини або фактори, що підвищують активність ферментів, називаються *активаторами* ферментів, а ті, які знижують їхню активність, – *інгібіторами*. Активатори сприяють тому, щоб молекула ферменту або субстрату ефективно й швидко утворила фермент-субстратний комплекс. Наприклад, активність амілази підвищується за присутності хлорид-іонів (Cl^-), іони Гідрогену (H^+) підсилюють активність пепсину шлункового соку (розщеплює білки їжі на амінокислоти). До активаторів належать коферменти, іони металів, різноманітні модифікатори тощо. Субстрат у певних межах концентрацій є активатором – після досягнення його насичених концентрацій активність ферменту не зростає.

На відміну від речовин, які інактивують ферменти за рахунок їх денатурації (концентровані кислоти та луги, солі важких металів у високих концентраціях, іонізуюче випромінювання), дія інгібіторів є специфічною стосовно певних ферментів. За допомогою інгібіторів

отримують цінну інформацію про специфічність дії ферментів, природу функціональних груп їхніх активних центрів, механізм дії і т. ін.

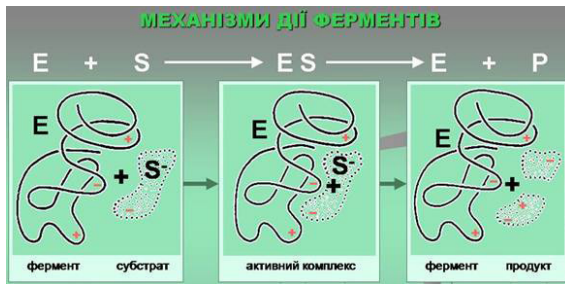
Антиферменти (інгібітори ферментів) – це речовини (або лікарські препарати, що їх містять), які блокують дію ферментів. Серед них: інгібітори протеолітичних ферментів (протеаз) – контрикал, трасилол; інгібітори ацетальдегіддегідрогенази – дисульфідам.

Контрикал (апротинін) – речовина поліпептидної природи, що добувається з легень великої рогатої худоби. Він інгібує трипсин та плазмін. Контрикал застосовують для лікування гострого панкреатиту, профілактики післяопераційної активації протеолізу, а також лікування шоку та кровотечі, спричиненої підвищеним фібринолізмом (процесом розчинення тромбів та згустків крові, що завжди супроводжує процес згортання крові).

Дисульфірам (тетурам) – лікування цим препаратом виробляє у пацієнтів негативний рефлекс на алкоголь (етиловий спирт).

Механізм дії ферментів пов'язаний з утворенням фермент-субстратних комплексів. Наприклад, потрібно щоб речовина S з'єдналася (вступила в реакцію) з речовиною T . Проте самочинно $S + T = \text{реакція}$ не відбувається. Фермент (E) приходить на допомогу (є каталізатором – речовиною, що прискорює реакцію, але не входить до кінцевих продуктів). Спочатку утворюється фермент-субстратний комплекс $S + E \leftrightarrow ES$, який стає активним і здатним взаємодіяти з речовиною T : $ES + T \rightarrow ST + E$.

Фермент (E) вивільняється і може знову вступати в реакцію.

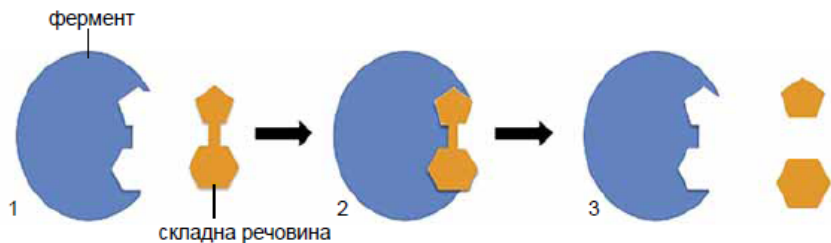


Мал. 80. Механізм ферментативних реакцій шляхом утворення фермент-субстратних комплексів

Отже, ферментативна реакція складається з двох стадій: на першій відбувається утворення фермент-субстратного комплексу – перехідний стан із низькою *енергією активації* (дає змогу комплексу легко прореагувати); на другій цей комплекс розпадається на продукти реакції та вільний фермент, який може взаємодіяти з новою молекулою субстрату.

Це можна зобразити схемою: $E + S \leftrightarrow ES \rightarrow P + E$,

де E – фермент; S – субстрат; ES – фермент-субстратний комплекс; P – продукти реакції.



Механізм дії ферментів: 1 – зближення ферменту й складної речовини; 2 – взаємодія ферменту та речовини; 3 – складна речовина розкладалася на простіші

Мал. 81. Механізм дії ферментів

Застосування ферментів в різних технологіях і медицині

У харчовій промисловості ферментним препаратом належить пріоритет. Сироваріння, виноробство, пивоваріння, виробництво кисломолочних продуктів, ковбасних виробів, випікання хліба, кондитерських виробів, виробництво тваринних жирів, оцту, лимонної кислоти – всі ці технологічні процеси харчової промисловості відбуваються з використанням ферментів. Зокрема, останніми роками дедалі більших



Мал. 82. Сухі дріжджі

масштабів набуває застосування готових ферментних препаратів (сухих дріжджів) для регулювання біокаталітичних процесів, що відбуваються в приготуванні тіста й випічки хліба (мал. 82). Вони надають готовому виробу об'єм, золотистий колір скоринки та привабливий зовнішній вигляд.

Ферменти широко застосовуються в практичній та експериментальній медицині. Розрізняють три напрями їх використання в медицині: ензимопатологія, ензимодіагностика й ензимотерапія.

Ензимодіагностика – вимірювання активності ферментів у крові чи інших тканинах за нормального стану організму й у разі певних захворювань.

Ензимотерапія – використання ферментів як фармакологічних засобів. Зокрема, пепсин, трипсин, хімотрипсин, амілаза, ліпаза широко застосовують при шлунково-кишкових захворюваннях як препарати, що регулюють процеси травлення. Трипсин застосовується зовнішньо для очистки гнійних ран і внутрішньом'язово як протизапальний засіб при остеомієлітах та гайморитах; фібринолізин рекомендують для розсмоктування тромбів судин; цитохром вживають у разі отруєння чадним газом; нуклеази – під час лікування певних вірусних захворювань; кокарбоксилаза – при серцевих захворюваннях, порушеннях нервової системи.

Ензимопатологія – вивчення стану ферментативної активності за нормального стану організму й патології. Дефектними можуть бути ферменти, що каталізують обмін вуглеводів, ліпідів, амінокислот тощо. Зокрема, причиною спадкової хвороби (фенілкетонурії), яка супроводжується розладом психічної діяльності, є втрата клітинами здатності синтезувати фермент, що каталізує перетворення фенілаланіну в тирозин.

Коферментні препарати в медицині (кокарбоксилаза, кислота ліпоєва, кобамамід, рибофлавіну мононуклеотид) – це переважно похідні вітамінів, які застосовуються для замісної терапії при патологічних процесах, що супроводжуються порушенням тканинного дихання. Їх призначають у разі коматозних станів, порушення кровообігу, ацидозу (зміщення кислотно-лужного балансу організму в бік збільшення кислотності), анемії, гепатиту, гіповітамінозу та ін.

Одним із найбільш використовуваних у клініці коферментів є *кокарбоксилаза*, яка бере участь у регуляції багатьох біохімічних процесів у організмі, зокрема в окисному декарбоксилуванні пірвіноградної кислоти, пентозному циклі. Кокарбоксилаза покращує мікроцирку-

ляцію та обмінні процеси в міокарді та печінці, сприяє нормалізації серцевого ритму, зменшує ацидоз. Препарат призначають при діабетичному та інших видах ацидозу, що виникає за недостатності коронарного кровообігу, інфаркті міокарда, печінковій недостатності.

У клінічній практиці застосовують *ліпоєву кислоту* – кофермент, який бере участь у регуляції різних типів обмінних процесів у організмі й відповідає за фізіологічну регенерацію (відновлення) гепатоцитів (клітини паренхіми печінки) та нервових клітин. Ліпоєву кислоту призначають у разі атеросклерозу, цукрового діабету, цирозу печінки, печінкової коми, пародонтиту, отруєнь та інтоксикацій.

Кобамамід є коферментною формою вітаміну B₁₂ і бере участь у всіх видах обміну, впливає на ріст організму, імунну систему та процеси регенерації. Його призначають при комплексному лікуванні хронічного гепатиту, порушеннях кровотворення, цирозі печінки, невритах.

Опорні точки (висновки).

- Ферменти – біологічні каталізатори білкової природи; наявні в усіх живих клітинах. Вони сприяють перетворенню одних речовин (субстратів) на інші (продукти).
- Ферменти як біологічно активні речовини характеризуються дуже високою специфічністю та ефективністю
- Усі процеси в живому організмі – розмноження, дихання, травлення, м'язове скорочення та ін. – відбуваються безпосередньо або опосередковано за допомогою ферментів.
- Ферменти забезпечують ефективний перебіг процесів метаболізму в клітинах і цілісному організмі.
- Класифікація ферментів враховує як специфічність їхньої дії на субстрат, так і тип хімічних реакцій, що вони каталізують.
- Молекули всіх ферментів мають один або кілька активних центрів, якими вони специфічно прикріплюються до конкретного субстрату (як ключ до свого замка). Розрізняють прості й складні ферменти.
- Хімічні речовини або фактори, що підвищують активність ферментів, називаються активаторами ферментів, а ті, які знижують їхню активність, – інгібіторами.

- Ферменти широко застосовують у харчовій промисловості, практичній та експериментальній медицині. Розрізняють три напрями використання ферментів у медицині: ензимопатологія, ензимодіагностика й ензимотерапія.

КРОК ЧЕТВЕРТИЙ: відтворюємо.

1. Дайте визначення понять «каталіз» і «фермент».
2. Які функції виконують ферменти в клітині?
3. На які класи поділяють ферменти за типом реакції, що вони каталізують?
4. Охарактеризуйте хімічну будову простих і складних ферментів.
5. У чому полягає механізм дії ферментів?
6. Які хімічні речовини називаються активаторами ферментів, а які – інгібіторами?
7. Наведіть приклади використання ферментів у різних галузях людської діяльності.

КРОК П'ЯТИЙ: застосовуємо.

1. Поясніть, завдяки чому ферменти здатні виконувати свої функції.
2. Доведіть або спростуйте припущення: без участі ферментів перебіг більшості біохімічних процесів у клітині був би неможливим.
3. Заповніть таблицю:

Стадії ферментативної реакції

Стадія реакції	Характеристика реакцій
I стадія	
II стадія	

4. Поясніть, чи будуть активні ферменти спеціального прального порошку, до складу якого вони входять, під час прання при температурі вище +60 С.
5. Складіть схему послідовного ферментативного розщеплення білків, ліпідів, вуглеводів у травній системі людини.

КРОК ШОСТИЙ: пропонуємо, формулюємо гіпотези та шляхи їх розв’язання.

1. Прокоментуйте й поясніть результати досліду:

Найвні дві склянки з розчином гідроген пероксиду (H_2O_2). В одну склянку вміщують шматочки сирової картоплі, а в другу – вареної. У першій склянці з’явилася шапка піни, а в другій розчин лише помутнів, але піна не утворилася. Яка реакція відбувається у першій склянці? Яка речовина зумовлює її активний перебіг?

2. Поясніть, чому одні ферменти активніші в кислому середовищі, а інші – у лужному.

3. Чому каталітичну функцію не можуть виконувати вуглеводи та ліпіди?

4. Що таке енергія активації та як вона змінюється завдяки діяльності ферментів? Яке це має значення?

КРОК до ЗНО.

1. Фермент у процесі реакції:

А не змінюється, але витрачається;

Б не змінюється й не витрачається;

В змінюється й витрачається;

Г змінюється, але не витрачається.

2. Виберіть правильні твердження, які стосуються ферментів:

А це лише глобулярні білки;

Б високоспецифічні, тому один фермент може каталізувати тільки одну реакцію;

В взаємодіють із субстратами за допомогою активного центру – спеціальної ділянки, що за формою відповідає субстрату;

Г прискорюють перебіг реакції, але самі в цій реакції не витрачаються;

Д їхня активність не залежить від температури, тиску, від концентрації як субстрату, так і ферменту;

Е фермент-субстратний комплекс здатний підвищувати енергію активації.

3. Наука, яка вивчає ферменти:
- А фізіологія;
 - Б протистологія;
 - В мікробіологія;
 - Г ензимологія.
4. Позначте назву ферменту, який розщеплює зв'язки між залишками глюкози в молекулі глікогену:
- А каталаза;
 - Б амілаза;
 - В ліпаза;
 - Г пептидаза.
5. Вкажіть назву сполуки, яка розкладається на ізомери під дією ферменту трипсину:
- А вуглевод;
 - Б ліпід;
 - В білок;
 - Г ДНК.
6. Ферменти – це:
- А білки-каталізатори, що забезпечують перебіг хімічних реакцій;
 - Б частини молекул небілкової природи;
 - В фрагменти білкових молекул;
 - Г білок первинної структури
7. Вкажіть назву ферменту, що є складним білком:
- А однокомпонентний білок;
 - Б двокомпонентний білок;
 - В апофермент;
 - Г кофермент.
8. Позначте назву небілкової частини молекули ферменту:
- А пепсин;
 - Б кофактор;
 - В апофермент;
 - Г кофермент.

9. Позначте назву небілкового компонента активного центру молекули ферменту:

А двохкомпонентний білок;

Б кофактор;

В апофермент;

Г кофермент.

Наука – практиці.

Ми кожного дня використовуємо властивості різноманітних ферментів у побуті і харчових технологіях:

Назва ферменту	Приклад використання
Пектинази	Для освітлення фруктових соків
Глюкооксидаза	Для збереження м'яса, соків, як антиокиснювач
Амілази	Як зброджувачі під час виготовлення окремих сортів хліба
Пепсин, трипсин	Як добавка до продуктів дитячого харчування (готових каш)
Ренін	Для виготовлення сиру
Папаїн	Для видалення зубного нальоту в складі зубних паст
Колагенази	У складі мазей для лікування ран, опіків, обморожень
Бактеріальні протеази	У складі пральних засобів
Колагенази	У складі кремів для рук та обличчя

§ 15. ФОТОСИНТЕЗ І ХЕМОСИНТЕЗ: ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА, ЕКОЛОГІЧНЕ ЗНАЧЕННЯ

Терміни та поняття: продуценти, фотосинтез, хемосинтез.

КРОК ПЕРШИЙ: пригадуємо.

1. Чим відрізняється автотрофний тип живлення організмів від гетеротрофного?
2. Наведіть приклади організмів-автотрофів.
3. Без якої органели рослинних клітин неможливий процес фотосинтезу? Охарактеризуйте її будову та функції.
4. Що таке хлорофіл?
5. Якою хімічною формулою можна проілюструвати процес фотосинтезу?
6. Що таке екосистема? Наведіть приклади відомих вам екосистем.

КРОК ДРУГИЙ: визначаємось (крок у майбутнє).

Ці два процеси на нашій планеті відбуваються в грандіозних масштабах і пов'язані з використанням енергії сонячного світла чи енергії хімічних реакцій для синтезу органічних речовин. Один із цих процесів скерував процес еволюції у напрямі, що розділив представників органічного світу на дві гілки: автотрофів і гетеротрофів. Автотрофи сприяли значному підвищенню концентрації кисню в атмосфері. У свою чергу, накопичення кисню зумовило утворення у верхніх шарах атмосфери захисного екрана, який не пропускає небезпечний для всього живого жорсткий потік ультрафіолету.

КРОК ТРЕТІЙ: навчаємось.

Розглянемо процеси пластичного обміну (асиміляції, анаболізму) з позицій існування екосистем. Екосистема обов'язково має містити три групи організмів – продуценти, консументи і редуценти, котрі забезпечують природний колообіг речовин та трансформацію енергії.

Продуценти (фото- та хемоавтотрофи) створюють органічні речовини, якими живляться гетеротрофи (консументи), а редуценти розкладають і мінералізують мертві рештки. До фототрофів належать рослини, ціанобактерії та окремі археї; вони синтезують органічні речовини з неорганічних речовин (CO_2 і H_2O) за допомогою енергії

світла. До складу хемотрофів входять бактерії-хемосинтетики (нітрифікуючі бактерії, сульфобактерії та феробактерії тощо), які теж синтезують органічні сполуки із неорганічних речовин (CO_2 і H_2O), але використовують енергію хімічних реакцій.

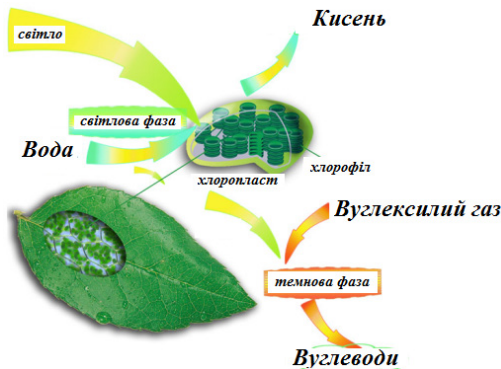
Фотосинтез – процес утворення в клітинах фотоавтотрофних організмів органічних сполук із неорганічних з використанням світлової енергії та за участю фотосинтезуючих пігментів:
 $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 \uparrow$.

Загальне уявлення про фотосинтез

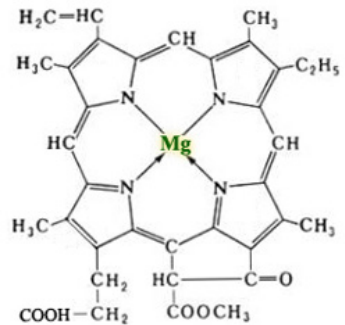
Фотосинтез у вищих рослин відбувається в хлоропластах, у ціанобактерій та фотосинтезуючих бактерій – на внутрішніх вигинах мембран. Основними фотосинтезуючими пігментами є хлорофіли; допоміжними – каротиноїди, фікобіліни, бактеріохлорофіли.

Фотосинтез у вищих рослин відбувається в хлоропластах, у ціанобактерій та фотосинтезуючих бактерій – на внутрішніх вигинах мембран. Основними фотосинтезуючими пігментами є хлорофіли; допоміжними – каротиноїди, фікобіліни, бактеріохлорофіли.

Процес фотосинтезу складається з двох фаз – світлової і темної (мал. 83).



Мал. 83. Узагальнена схема фотосинтезу



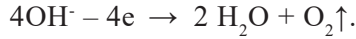
Мал. 84. Структурна формула молекули хлорофілу

Світлова фаза фотосинтезу відбувається в мембранах тилакоїдів хлоропластів, темнова – у стромі хлоропластів. У тилакоїдах гран кванти світла збуджують молекули хлорофілу, який починає виконувати фотохімічну роботу – *фотоліз води* і синтез АТФ (*фотосинтетичне фосфорилування*):



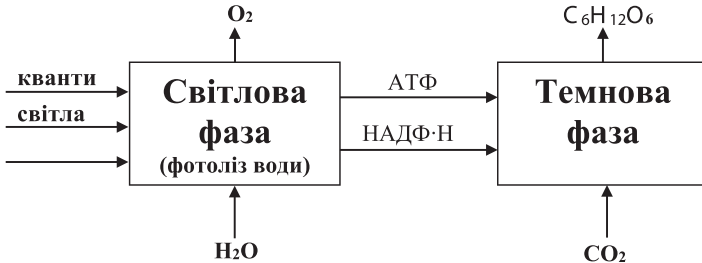
Перебіг процесу фотолізу води: $\text{H}_2\text{O} = \text{H}^+ + \text{OH}^-$.

Протони Гідрогену накопичуються всередині тилакоїда, іони гідроксилу, втрачаючи електрони, об'єднуються з утворенням води й кисню:



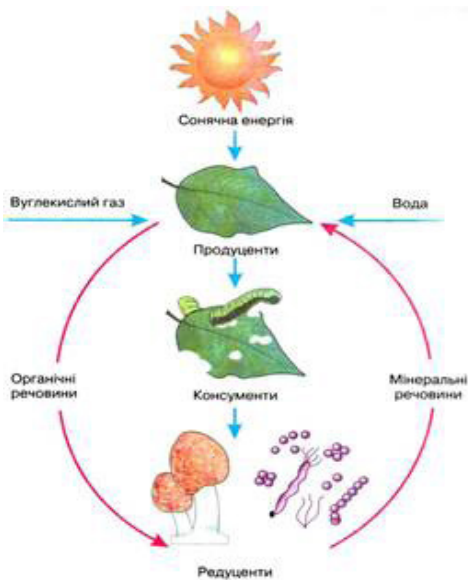
У світлову фазу синтезується також так звана відновлювальна сила – акцептор водню – *нікотинамідаденіндинуклеотидфосфат* (НАДФ·Н). Ця сполука з такою довгою назвою є універсальним переносником Гідрогену (Н) у клітині. Отже, для світлової фази фотосинтезу характерні такі процеси: 1) фотоліз води (розщеплення води під дією світла з утворенням кисню); 2) відновлення НАДФ (приєднання до НАДФ атома Гідрогену); 3) фотофосфорилування (синтез АТФ з АДФ). Далі настає темнова фаза фотосинтезу, для перебігу якої світло не потрібне.

Темнова фаза фотосинтезу – сукупність процесів, які забезпечують відновлення CO_2 до глюкози ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) завдяки енергії АТФ та за рахунок Гідрогену від НАДФ·Н. Основою даних перетворень є циклічні реакції (цикл фіксації вуглекислого газу) (мал. 85).



Мал. 85. Узагальнена схема фотосинтезу

Планетарна роль фотосинтезу. Під час фотосинтезу енергія Сонця (у межах 1 %) трансформується рослинами в енергію хімічних зв'язків органічних речовин, яка далі витрачається всіма живими організмами планети на здійснення біогеохімічної роботи шляхом дихання, виділення, росту, розмноження, розкладання (мал. 86). Фотосинтетики акумулюють у собі й передають іншим організмам енергію сонячного світла.



Мал. 86. Фотосинтетики – посередники між Сонцем і живою речовиною планети

Загальне уявлення про хемосинтез. Фотосинтез є основним, але не єдиним джерелом синтезу органічних сполук на Землі.

Хемосинтез – процес утворення органічних сполук із неорганічних за рахунок енергії хімічних реакцій; відбувається без участі світла. Бактерії – хемосинтетики не містять хлорофілу. Кисень під час хемосинтезу не виділяється.

Серед них: нітрифікуючі бактерії (попередньо окиснюють амоніак, що утворюється у процесах гниття решток тварин і рослин, до нітритної та нітратної кислот, які потім утворюють нітрити й нітрати); залізобактерії (перетворюють сполуки двовалентного Феруму на сполуки тривалентного Феруму) та сіркобактерії (окиснюють сірководень до сульфатів) (мал. 87). Вивільнена енергія акумулюється в клітинах бактерій у формі макроергічних зв'язків АТФ.

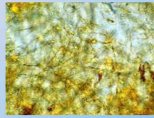
Видатному вченому в галузі фізіології рослин К. А. Тимірязеву (1843–1920) належить вислів «космічна роль зелених рослин», що означає їхню здатність засвоювати сонячну енергію.

Фотосинтетики підтримують баланс O_2 і CO_2 в атмосфері планети. Кисень сучасної атмосфери є продуктом фотосинтезу, що сприяє існуванню аеробного дихання. З кисню утворюється *озоновий шар*, який захищає живі організми від згубної дії жорсткого ультрафіолетового світла Сонця.

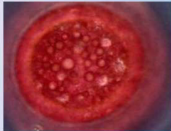
Джерелом Карбону в процесах хемосинтезу є вуглекислий газ (як і при фотосинтезі).

Хемосинтез здійснюють бактерії, які живуть у середовищі без світла (під землею, у глибоководних

Хемосинтетики



Залізобактерії



Сіркобактерії



Азотфіксуючі
бактерії



Нітрифікуючі
бактерії

Мал. 87. Бактерії-хемосинтетики

Значення хемотрофів у природі:

- забезпечують колообіг хімічних елементів і речовин. Зокрема, нітрифікуючі бактерії окиснюють амоніак до нітритів і нітратів, які є важливими природним чинниками родючості ґрунтів;
- беруть участь у формуванні гірських порід (сіркобактерії утворюють самородну сірку; залізобактерії – утворюють лімоніт);
- спричиняють корозію металів (залізобактерії).
- є природними споживачами отруйних речовин, зокрема, NH_3 та H_2S ; сіркобактерії використовують для очищення стічних вод.

Отже, продуценти (фото- та хемоавтотрофи) створюють органічні речовини, якими живляться гетеротрофи (консументи), а редуценти розкладають і мінералізують мертві рештки. Вуглекислий газ, вода, мінеральні елементи знову залучаються автотрофами до створення органічної продукції. Такий цикл підтримує життя на планеті.

Опорні точки (висновки).

- **Фотосинтез** – процес утворення в клітинах фотоавтотрофних організмів органічних сполук із неорганічних з використанням світлової енергії та за участю фотосинтезуючих пігментів.
- Процес фотосинтезу складається з двох фаз – світлової і темної.
- Для світлової фази фотосинтезу характерні такі процеси: фотоліз води, відновлення НАДФ, фотофосфорилування (синтез АТФ з АДФ); утворення кисню.

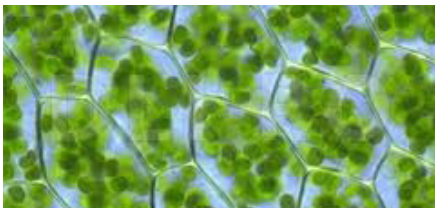
- **Темнова фаза** є сукупністю процесів, які забезпечують відновлення CO_2 до глюкози ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$).
- Фотосинтетики підтримують баланс O_2 і CO_2 в атмосфері планети.
- Кисень сучасної атмосфери є продуктом фотосинтезу, що визначає існування аеробного дихання на планеті.
- З кисню утворюється *озоновий шар*, який захищає живі організми від згубної дії жорсткого ультрафіолетового випромінювання Сонця.
- **Хемосинтез** – процес утворення органічних сполук із неорганічних завдяки енергії хімічних реакцій.
- Хемосинтез здійснюють бактерії, які існують у середовищі без світла, вони не містять хлорофілу.
- Кисень під час хемосинтезу не виділяється.
- Продуценти (фото- та хемоавтотрофи) створюють органічні речовини, якими живляться гетеротрофи (консументи), а редуценти розкладають і мінералізують мертві рештки.

КРОК ЧЕТВЕРТИЙ: відтворюємо.

1. Дайте визначення фотосинтезу.
2. Які організми здатні до фотосинтезу? Чому?
3. Охарактеризуйте світлову фазу фотосинтезу.
4. В яких органічних речовинах акумулюється енергія у світловій фазі фотосинтезу?
5. Що відбувається в темновій фазі фотосинтезу?
6. Поясніть вислів: «космічна роль фотосинтезу».
7. Дайте визначення хемосинтезу. Назвіть організми-хемосинтетики.
8. Охарактеризуйте значення фото- та хемотрофів у природі.

КРОК П'ЯТИЙ: застосовуємо.

1. Назвіть органели клітин, які ви бачите на мікрофотографії. Опишіть їхню будову та функціональне значення.



2. Поясніть, чому без фототрофних організмів не можливе існування сучасного стану біосфери.

3. Порівняйте етапи фотосинтезу та заповніть таблицю:

	Світлова фаза	Темнова фаза
Умови, необхідні для перебігу етапу		
Місце перебігу процесів		
Характеристика процесів		
Результат процесів		

4. Чому світлова фаза фотосинтезу протікає тільки за наявності світла, а темнова – ні?

5. Порівняйте процеси фотосинтезу та хемосинтезу. Назвіть спільні та відмінні риси цих процесів.

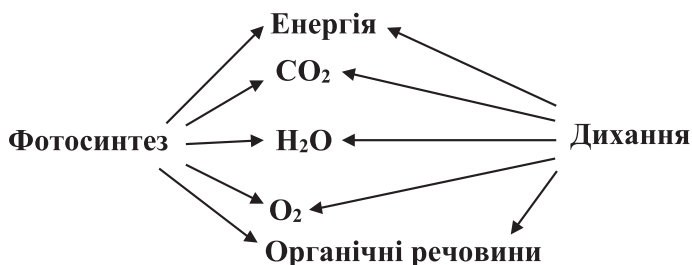
6. Поясніть біологічну роль хемосинтезу.

КРОК ШОСТИЙ: пропонуємо, формулюємо гіпотези та шляхи їх розв’язання.

1. Часто ми фантазуємо і полюбляємо ставити питання: «Що буде, коли...?». А що буде, коли кількість кисню в атмосфері планети збільшиться?

2. Лауреат Нобелівської премії з хімії Фредерік Жоліо-Кюрі (1900–1958) сказав свого часу, що вірить у майбутнє атомної енергії і впевнений у важливості цього винаходу, але зауважив, що справжня революція в енергетиці настане лише тоді, коли людство зможе синтезувати молекули, аналогічні хлорофілу. Як ви поясните цей вислів?

3. Виправте помилки, яких припустилися під час складання схеми, яка ілюструє зв’язок між фотосинтезом і диханням.



КРОК до ЗНО.

1. Вкажіть, який учений обґрунтував роль хлорофілу в процесі фотосинтезу:

- А В. Вернадський;
- Б А. Фамінцин;
- В К. Тимірязєв;
- Г М. Вавілов.

2. Оберіть органоїди вищих рослин, у яких відбувається процес фотосинтезу:

- А хлоропласти;
- Б апарат Гольджі;
- В мітохондрії;
- Г рибосоми.

3. Позначте, скільки молекул води використовується для синтезу трьох молекул глюкози в процесі фотосинтезу:

- А 3; Б 6; В 12; Г 18.

4. У процесі фотосинтезу молекули АТФ синтезуються в:

- А темній фазі;
- Б світлій фазі;
- В як у світлій, так і в темній фазах;
- Г не синтезуються.

5. Під час хемосинтезу організми використовують енергію:

- А АТФ;
- Б НАДФ;
- В світла;
- Г окиснення неорганічних сполук.

6. Фотосинтез неможливий за відсутності:

- А вуглекислого газу;
- Б глюкози в клітинах;
- В світла;
- Г хлорофілу.

7. Що відбувається з АТФ під час світлової фази фотосинтезу:

- А синтез;
- Б розщеплення.

8. Виберіть організми, у яких при фотосинтезі не відбувається виділення молекулярного кисню:

- А бурі водорості;
- Б зелені водорості;
- В залізобактерії;
- Г ціанобактерії.

9. Позначте, в якій фазі фотосинтезу виділяється кисень:

- А світловій;
- Б темновій;
- В в обох фазах.

10. Вкажіть, у якій фазі фотосинтезу синтезуються вуглеводи:

- А світловій;
- Б темновій;
- В в обох фазах.

12. Позначте, з якої вихідної речовини процесу фотосинтезу синтезується кисень:

- А CO_2 ; Б H_2O ; В глюкоза; Г хлорофілу.

ДІЗНАЙТЕСЯ БІЛЬШЕ

Ми звикли сприймати фотосинтез як процес утворення органічних речовин тільки в листках рослин. Але цей процес відбувається і в інших зелених органах рослин:



Мал. 88. Орхідея фаленопсис



Мал. 89. Хвощ польовий



Мал. 90. Сосна звичайна

У кімнатних орхідей – фаленопсисів – фотосинтезують видозмінені (повітряні) зелені корені. У хвоща польового фотосинтез здійснюють літні розгалужені пагони. У сосни звичайної до фотосинтезу здатні молоді зелені шишки.

Наука – практиці.

Управління процесом фотосинтезу дає змогу підвищувати продуктивність сільськогосподарських культур. У сучасному аграрному виробництві застосовують комплекс агротехнічних заходів, які дають змогу впливати на процес фотосинтезу. До таких заходів належить оптимальне забезпечення фотосинтезуючого апарату рослин необхідними умовами: освітленням (дотримання правильної густоти посіву), водою і мінеральними солями. Ефективним методом підвищення продуктивності фотосинтезу є незначне збільшення концентрації вуглекислого газу в повітрі (в теплицях ставлять балони з цим газом). Значну роль також відіграє селекція високопродуктивних сортів.

§ 16. РАЦІОНАЛЬНЕ ХАРЧУВАННЯ ЯК ОСНОВА НОРМАЛЬНОГО ОБМІНУ РЕЧОВИН В ОРГАНІЗМІ ЛЮДИНИ

Терміни та поняття: раціональне харчування, харчові продукти (нутрієнти), харчовий раціон, апетит, українська національна кухня .

КРОК ПЕРШИЙ: пригадуємо.

1. Які органічні речовини потрібні людському організму для перебігу реакцій обміну речовин?

2. Яку роль у процесах обміну речовин у людини відіграють ферменти?

3. Охарактеризуйте енергетичну цінність білків, вуглеводів, ліпідів.

4. Чи правильно вчиняють люди, які зовсім відмовляються від жирів, мотивуючи це тим, що жири впливають на збільшення ваги тіла?

5. Проаналізуйте ймовірні причини порушення обміну речовин у людини.

6. Як відбувається регуляція обміну речовин в організмі людини? Чи змінюється вона з віком?

7. Чи можна поповнити всі енергетичні витрати організму тільки овочами та фруктами? Чому?

8. Чому варто споживати кожного дня свіжі овочі та фрукти?

КРОК ДРУГИЙ: визначаємось (крок у майбутнє).

Дихання повітрям, споживання води та їжі є основними умовами існування людини. Важко заперечити, що склад і режим харчування безпосередньо впливають на здоров'я, тривалість та якість життя людини, її працездатність, фізичний і розумовий розвиток, самопочуття та настрій. На полицях сучасних супермаркетів та ринків – великий вибір харчових продуктів. Але як розібратися, що корисніше, а від чого можна й потрібно утриматись? Важливо також розрізняти поняття голоду й апетиту під час організації правильного режиму харчування. Про це ви дізнаєтесь далі.

КРОК ТРЕТІЙ: навчасось.

Спробуємо відповісти на ніби просте запитання: «Навіщо людина їсть (харчується)?». Відповідь знаходимо у біологічній сутності людини: 1) людина – представник виду *Homo sapiens*, має тіло ссавця з гетеротрофним типом живлення; 2) нормальний обмін речовин людина може забезпечити тільки шляхом постійного надходженням до свого організму поживних речовин у складі харчових продуктів. Поживними речовинами їжі є органічні речовини (білки, жири, вуглеводи, вітаміни), мінеральні елементи і вода. Їжа – єдине джерело енергії, яка вивільняється в процесі біологічного окиснення органічної складової харчових продуктів і використовується для забезпечення всіх процесів життєдіяльності людини.




У природі не існує ідеальних продуктів харчування, які містили б усі харчові речовини, необхідні людині (за винятком материнського молока для немовлят). Раціональне харчування (від лат. *ratio* – розум, розрахунок) – це розумне, правильно розраховане забезпечення організму людини їжею залежно від віку, статі, умов праці, національних традицій.

Раціональне харчування – правильно організоване й своєчасне забезпечення організму смачною та безпечною їжею; вміст у раціоні збалансованої кількості харчових речовин, необхідних для розвитку і життєдіяльності.

Неправильне харчування призводить до багатьох захворювань, зокрема інфекційних, унаслідок зниження захисних властивостей організму, порушує процеси обміну речовин, передчасного старіння, зниження працездатності.

Вимоги до раціонального харчування:

1. *Харчовий раціон* характеризує набір продуктів, різноманітність, збалансованість і безпечність компонентів їжі, її енергетичну цінність, яка має покривати енергетичні витрати організму. Лікарі-дієтологи рекомендують дорослій людині дотримуватися добового меню зі співвідношенням: *білки : жири : вуглеводи* = 1 : 1 : 4. Тобто варто споживати на добу приблизно 100 г білків, 100 г жирів і 400 г вуглеводів (переважно у вигляді овочів, фруктів, каш, житнього хліба). Зрозуміло, не можна забувати про врахування необхідного вмісту води, вітамінів та мінеральних елементів (мал. 91).

Добова потреба у білках, жирах і вуглеводах для підлітків 11–13 років (у грамах)		
Білки		90–100
Вуглеводи		380–400
Жири		90–100

Мал. 91. Добова потреба людини у поживних речовинах

2. *Режим харчування* враховує час приймання їжі, тривалість і кратність вживання їжі; послідовність вживання страв; інтервал між роботою, прийманням їжі та сном; відмову від переїдання та шкідливих звичок (пияцтва, паління, наркотичних речовин). Основним критерієм, що визначає час приймання їжі, є відчуття голоду.

Важливо розрізнати поняття голоду й апетиту під час організації правильного режиму харчування. Голод вказує на потребу організму в їжі (енергії), апетит – на необхідність задоволення від їжі. Різні приправи, гірчиця, перець, хрін і закуски перед їжею розраховані на те, щоб викликати апетит. Їсти з апетитом означає не бути голодним, але їсти охоче, із задоволенням. Правильним імпульсом до їжі має бути саме голод, оскільки оманливість апетиту може призвести до ожиріння (мал. 92).



а)



б)

Мал. 92. Бажання їсти – не завжди голод (а), а лише апетит (б), який виникає під час їжі

У здорової людини завжди буде добрий апетит, якщо вона дбає про правильний режим харчування, тобто сідає за стіл завжди в певні години, їсть не поспішаючи, у спокійній обстановці.

3. *Умови приймання їжі* враховують психологічний мікроклімат, культуру харчування, поведінку під час їди, національні традиції харчування, сервірування столу та ін. Зокрема, важливо під час їди

Гасло режиму харчування:
«Почуття міри треба виховувати з раннього віку» – без переїдання й порушення режиму харчування.

мати гарний настрій і приділяти увагу безпосередньо їжі, оскільки сторонні думки та негативні емоції погано впливають на вироблення травних ферментів і процеси

травлення. Отже, під час їди не «сидіть» у своєму мобільному телефоні, комп'ютері, не дивіться телевизор.

Українські традиції харчування. Ми смакуємо гамбургери, піцу чи сучасні солодощі, однак вони не замінять любов українця до борщу, вареників та інших страв національної кухні. Українська народна кухня – культурна спадщина нашого народу (як мова, література і мистецтво), неоціненний здобуток збалансованого харчового раціону й культури харчування, яким можна та варто пишатися і який не слід забувати.

Особливості національного характеру вимагали, аби їжа була смачною, різноманітною та калорійною. Саме тому для більшості страв характерні складний набір компонентів (тільки у борщі їх налічується до 20), а також комбінування кількох способів теплової обробки продуктів.

Їжа з приємним запахом і смаком викликає апетит і виділення травних соків



Спочатку вживають страви, які сприяють шлунковому соковиділенню (вінегрет, овочеві салати, бульйон)

Пам'ятайте! Солодощі знижують апетит!

Мал. 93.

Смачного!

В українській кухні багато продуктів спочатку обсмажують або варять, а потім тушкують чи запікають, що зберігає аромат і надає стравам соковитості. Це є найхарактернішою рисою технології української кухні. Велику кількість страв (крученики, завиванці, фарширована птиця й овочі, шпиговане салом і часником м'ясо) готують у шпигованому й начинюваному вигляді. Особливо смачні та корисні комбіновані страви з м'яса та овочів – голубці з м'ясом, крученики, яловичина шпигована з буряками і т. ін.

Важливо наголосити, що тільки у святкові дні на столі з'являлися страви з м'яса: холодець, печеня, тушкована буженина з капустою і салом, битки, шпиговані часником і салом, фаршироване кашею поросся, крученики, голубці, домашня ковбаса. Проте щоденне вживання рідких гарячих перших страв є обов'язковим для української кухні.

Щодо прянощів, то до найпопулярніших належать цибуля і часник, які додають у багато страв, а також кріп, м'ята, кмин, аніс, дудник, чабер, любисток та ін. З ягід і фруктів (яблук, груш, вишні, сливи, брусниці, малини, смородини, журавлини) готують начинки для випічки, компоти, узвар, домашнє вино, варення.

Українська кухня зазнала впливу багатьох національних кухонь, з яких запозичила не тільки рецепти окремих страв, а й способи обробки та приготування продуктів. Однак вона зберегла своєрідність і властивий тільки їй колорит, завдяки чому здобула визнання у всьому світі.



Мал. 94. Традиційні продукти харчування українців

Опорні точки (висновки).

- Раціональне харчування – правильно організоване та своєчасне забезпечення організму смачною і безпечною їжею; вміст у раціоні збалансованої кількості харчових речовин, необхідних для розвитку й життєдіяльності людини.
- Вимогами до раціонального харчування є: харчовий раціон, режим харчування, умови приймання їжі.
- Важливо розрізнити поняття голоду й апетиту під час організації правильного режиму харчування. Голод вказує на потребу організму в їжі (енергії), апетит – на необхідність здобуття задоволення від їжі.
- Українська народна кухня – культурна спадщина нашого народу, неоціненний здобуток збалансованого харчового раціону й культури харчування.

КРОК ЧЕТВЕРТИЙ: відтворюємо.

1. Яке харчування можна вважати раціональним?
2. Поясніть вимоги до раціонального харчування. Чому людині доцільно дотримуватися всіх вимог?
3. Чому необхідно вживати в їжу різноманітні продукти?
4. Які зміни в організмі спричиняє тривала недостатність або у надмірність споживанні продуктів харчування?

КРОК П'ЯТИЙ: застосовуємо.

1. Поясніть, на які процеси організм людини витрачає енергію, отриману від розщеплення органічних речовин.
2. З урахуванням вимог до раціонального харчування складіть орієнтовний перелік продуктів, які б ви хотіли споживати протягом дня. Вибір аргументуйте.
3. Поясніть відмінність між почуттям голоду й апетитом? Яка страва вважається апетитною?
4. Чому на почуття апетиту впливають вигляд і запах їжі? З якими фізіологічними процесами це пов'язано?
5. На упаковках та етикетках харчових продуктів зазначені їхні склад та енергетична цінність. Для чого й для кого виробниками надається така інформація?

КРОК ШОСТИЙ: пропонуємо, формулюємо гіпотези та шляхи їх розв'язання.

1. Якщо людина харчуватиметься тільки свіжими овочами (в достатній кількості), то якими можуть бути наслідки такого раціону?

2. Які спеціальні прийоми використовують розробники реклами для підвищення попиту на певні види харчових продуктів, що не завжди є корисними? На чому базуються ці прийоми?

3. Доведіть (або спростуйте), що страви національної української кухні відповідають вимогам раціонального харчування. Які особливості страв української кухні?

4. У людей, котрі багато палять або зловживають алкоголем, часто виникають проблеми з травною системою. Поясніть, чому це відбувається та які органи страждають найбільше.

Виконайте інтерактивну вправу «Сонце».

Намалюйте сонечко з шістьма променями. Пронумеруйте промінчики. Відповідно до нумерації на променях напишіть: на першому, що ви особисто вважаєте раціональним харчуванням; на другому – скільки разів на добу ви їсте; на третьому – що переважає у вашому раціоні; на четвертому – які страви вам подобаються найбільше; на п'ятому – чого, як гадаєте, бракує у вашому раціоні; на шостому – чи правильно ви харчуєтесь. Порівняйте написи на «сонечках» із написами у ваших друзів. В середині сонечка запишіть те, що у вас збіглося й зробіть загальний висновок про власне харчування й харчування однолітків. Можливо, ви зрозумієте, що дещо потрібно змінити.

КРОК до ЗНО.

1. Що розуміють під раціональним харчуванням?

А оптимальне співвідношення харчових і біологічно активних речовин;

Б повне енергетичних потреб організму;

В забезпечення організму незамінними амінокислотами;

Г забезпечення організму вітамінами.

2. Що не є вимогою раціонального харчування?

А оптимальний режим харчування;

- Б наявність дешевих і доступних продуктів харчування для широких верств населення;
 - В достатня енергетична цінність раціону за вмістом білків, жи- рів, вуглеводів з урахуванням потреб організму;
 - Г оптимальне якісне й кількісне співвідношення в харчовому раціоні основних харчових і біологічно активних речовин – білків, жирів, вуглеводів, вітамінів, мінеральних речовин із урахуванням потреб організму.
3. Що не стосується поняття «режим харчування» ?
- А кратність приймання їжі протягом доби;
 - Б загальна кількість спожитої їжі;
 - В тривалість робочого дня;
 - Г тривалість приймання їжі.
4. У традиційній системі харчування українців передбачені:
- А розвантажувальні дні;
 - Б рибні дні;
 - В пісні дні;
 - Г м'ясні дні.

ДИЗНАЙТЕСЯ БІЛЬШЕ

Користуючись пірамідою харчування, намагайтеся дотримуватись раціонального харчування.



§ 17. ХАРЧОВІ ПРОДУКТИ ТА ЇХНІ КОМПОНЕНТИ. БІЛКИ. ЖИРИ. ВУГЛЕВОДИ

Терміни та поняття: білки, жири, вуглеводи, поживність та калорійність продуктів.

КРОК ПЕРШИЙ: пригадуємо.

1. Які речовини, що входять до складу харчових продуктів, умовно поділені на макропоживні й мікропоживні? Наведіть відповідні приклади.
2. Що таке повноцінне збалансоване харчування?
3. Чому їжу, яка містить білки, потрібно споживати щодня?
4. Наведіть приклади продуктів харчування, що є джерелом вуглеводів.
5. Які продукти містять жири? Чому не можна повністю відмовитись від споживання жирів?

КРОК ДРУГИЙ: визначаємось (крок у майбутнє).

Організм людини складається з води, органічних речовин (білків, жирів вуглеводів) і мінеральних речовин. Організм потребує постійного надходження цих речовин із їжею для забезпечення нормального функціонування внутрішніх органів, підтримання тепла й здійснення всіх життєвих процесів, у тому числі фізичної та розумової праці. Дізнаємось про ці компоненти їжі та їхні властивості докладніше.

КРОК ТРЕТІЙ: навчаємось.

Харчові продукти (нутрієнти) – це елементи натуральних харчових продуктів, які людина використовує в їжу. До нутрієнтів належать білки, жири, вуглеводи, мінеральні речовини, вітаміни й вода. Якість харчового раціону великою мірою визначається не тільки загальним вмістом нутрієнтів, а і їх збалансованим співвідношенням. Серед нутрієнтів виокремлюють замінні та незамінні харчові речовини.

Незамінні (есенціальні) харчові речовини не утворюються в організмі або утворюються в недостатній кількості – незамінні амінокислоти, деякі жирні кислоти, вітаміни, мінеральні речовини. До *замінних харчових речовин* належать жири і вуглеводи. Надходження з їжею незамінних харчових речовин є обов'язковим (мал. 95). Водночас потрібне надходження замінних харчових речовин, оскільки за їхньої



Мал. 95. Джерела основних харчових продуктів (нутрієнтів) людини

нестачі на їх утворення в організмі витрачаються інші харчові речовини, порушуються обмінні процеси.

Білки. Важливість білків у організмі пов'язана з їхніми функціями: структурною (будівельною), регуляторною, транспортною, захисною, скорочувальною та енергетичною. Якщо в організмі бракує білків, виникають серйозні порушення: уповільнення росту й розвитку дітей, негативні зміни в печінці дорослих, у діяльності залоз внутрішньої секреції, складу крові, ослаблення розумової діяльності, зниження працездатності й опірності до інфекційних захворювань. Біологічна цінність різних видів білків обумовлена їхнім амінокислотним складом. Відомо 20 амінокислот природного походження, з них вісім – незамінні (не синтезуються в організмі людини й мають обов'язково надходити з їжею): треонін, ізолейцин, лейцин, лізин, метіонін, фенілаланін, валін, триптофан; дітям потрібен також гістидин.

Білок, що містить усі незамінні амінокислоти, називають повноцінним. Норма споживання білку на добу – 1,3–1,5 г на кожен кілограм ваги (приблизно 100 г для дорослої людини) залежить від статі, віку та професії. Джерелом повноцінних білків є всі тваринні продукти: молочні, м'ясо, птиця, риба, яйця. У рослинних продуктах білків менше, і вони переважно неповноцінні (містять мало незамінних амінокислот).

Білок сої – єдиний з рослинних білків, що містить майже всі незамінні амінокислоти (подібний до білків м'яса). На сьогодні соя стає стратегічною культурою, що допомагає розв'язати проблему білкового голодування населення планети, яке постійно зростає. Людство, аби забезпечити себе білком, має спускатися на одну сходинку донизу харчової піраміди до рослинних білків (зокрема до сої), а не втрачати 90 % біомаси вирощених рослин на годівлю тварин, щоб потім з'їсти цей тваринний білок (мал. 96).



а)



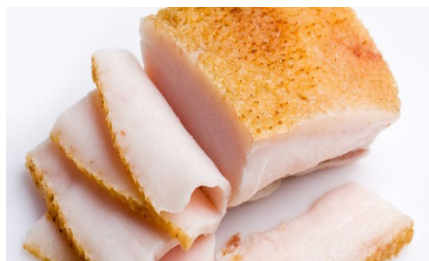
б)

Мал. 96. Соя – стратегічна культура XXI століття: а) рослина сої (*Glycine max*) належить до родини бобових, подібна до квасолі;
б) продукти із сої – соєвий сир, соєве м'ясо, соєве молоко, соус

Жири мають найбільшу енергетичну цінність, а також виконують структурну (будівельну), резервну, транспортну, захисну, регуляторну та терморегулюючу функції в організмі. Енергетична цінність 1 г жиру становить 9,3 ккал, що у майже 2,5 рази більше, ніж утворюється при розщепленні 1 г вуглеводів чи білків. Жири забезпечують організм жиророзчинними вітамінами А, D, Е та біологічно активними речовинами (фосфоліпідами, стеринами), надають їжі соковитість, смаку, підвищують її поживність, викликаючи в людини відчуття насичення.

Жири складаються з гліцерину й вищих жирних кислот (ВЖК). ВЖК можуть бути насиченими (мають лише одинарні – С–С– зв'язки) або ненасиченими (можуть мати один або кілька подвійних – С=С– зв'язків).

Із насичених жирних кислот у живих організмах міститься пальмітинова, стеаринова або лауринова; із ненасичених – олеїнова, лінолева, ліноленова й арахідонова (для людини остання кислота є незамінною; її ще називають вітаміном F). Тригліцериди прийнято поділяти на жири й олії, залежно від консистенції при + 20 °С: якщо речовина залишається твердою – це жир, якщо стає рідкою – олія. Тверді тваринні жири називають салом (мал. 97). Сало містить лінолеву і арахідонову ВЖК, вітаміни А, D, Е; мінерали Натрій, Цинк, Селен. Сало корисне в невеликих кількостях. Цінною олією є соняшникова (мал. 98). До її складу входять лінолева, олеїнова, пальмітинова, стеаринова, лінолева ВЖК, багато мінералів, не містить холестерину.



Мал. 97. Сало свиняче



Мал. 98. Олія соняшникова

У разі нестачі в харчуванні жирів спостерігається низка порушень центральної нервової системи, слабшають захисні сили організму, уповільнюється синтез білка, підвищується проникність капілярів, сповільнюється ріст і т. ін. Природні жири містять фосфатиди (лецитин, холін), які впливають на проникність клітинних мембран, секрецію гормонів, процес згортання крові. У тваринних жирах стерини містяться у вигляді холестерину, який забезпечує нормальний стан клітин, бере участь в утворенні статевих гормонів, жовчних кислот, вітаміну D₃ і т. ін.

Вуглеводи. Функції вуглеводів у організмі різні: енергетична, структурна (пластична), захисна, регуляторна, резервна. Зокрема, глюкоза використовується для синтезу багатьох важливих речовин, є складовою плазми крові. Глікоген – резервний вуглевод, що забезпечує нормальне функціонування печінки та м'язів. Проте головна роль вуглеводів –

енергетична. Під час окиснення 1 г вуглеводів вивільняється 17,6 кДж енергії.

За харчовою цінністю вуглеводи поділяються на засвоювані та незасвоювані. *Засвоювані вуглеводи* (глюкоза, фруктоза; сахароза, лактоза, мальтоза; крохмаль) перетравлюються (розщеплюються, всмоктуються) і включаються в метаболізм організму. З кишечника вуглеводи всмоктуються тільки у вигляді глюкози й фруктози. Надлишок таких вуглеводів у їжі відкладається на тимчасове зберігання у вигляді глікогену, а ще більший надлишок перетворюється на жир. Основним джерелом засвоюваних вуглеводів є чистий цукор, кондитерські вироби, морозиво, солодкі напої та ін. Якщо людина постійно зловживає солодким (особливо рафінованим цукром), у крові підвищується концентрація глюкози. Це своєрідний удар по підшлунковій залозі, якій потрібно збільшувати постачання гормону інсуліну, аби відрегулювати вміст глюкози в крові. Із часом підшлункова залоза виснажується. Наслідком надлишкового споживання рафінованого цукру є порушення обміну речовин і розвиток діабету.



Мал. 99. Засвоювані вуглеводи



Мал. 100. Джерела харчових волокон

Незасвоювані вуглеводи – це клітковина (целюлоза), геміцелюлоза, пектинові речовини, лігнін). Вони не розщеплюються ферментами, що виробляються в шлунково-кишковому тракті людини, але розглядаються як один із компонентів комплексної профілактики порушень жирового обміну, атеросклерозу, цукрового діабету, жовчокам'яної хвороби, карієсу, подагри.

Функції незасвоюваних вуглеводів такі:

а) подразнюють слизову оболонку травного тракту, чим посилюють його секреторну й моторну функції;

б) сприяють виведенню з організму солей важких металів, радіонуклідів;

в) забезпечують у товстому кишечнику існування бактерій-сапрофітів, які живляться залишками їжі й синтезують вітаміни (групи В, вітамін К), виділяють у процесі життєдіяльності органічні кислоти, отруйні речовини (індол, скатол) та різні гази (CO_2 , CH_4 , H_2S);

г) грубі волокна клітковини формують калові маси та сприяють дефекації (процесу випорожнення й очищення організму). Для збереження здоров'я товстого кишечника треба їсти більше незасвоєваних вуглеводів, джерелом яких є чорний хліб, крупи, овочі й фрукти.

Поживність і калорійність харчових продуктів. Поживність харчових продуктів – поняття, що відображає всю повноту корисних властивостей харчового продукту, включно зі ступенем забезпечення фізіологічних потреб людини в пластичних та біологічно активних речовинах, їхні органолептичні властивості. Характеризується хімічним складом харчового продукту з урахуванням його споживання в загальноприйнятій кількості.

Поняття «калорійність» пов'язане з тим, що їжа є єдиним джерелом енергії для організму людини. Калорійність (енергетична цінність) харчових продуктів характеризує ту частку енергії, яка вивільняється з харчових продуктів у процесі біологічного окиснення й використовується для забезпечення фізіологічних функцій організму. Вимірюється в кілоджоулях (кДж) або в кілокалоріях (ккал). 1 ккал = 4,19 кДж.

Для визначення енергетичної цінності застосовують прилад – калориметр. Енергетична цінність 1 г білка становить 17 кДж, 1 г жиру – 39 кДж, 1 г вуглеводів – 17,6 кДж. Проте доцільно пам'ятати, що харчові речовини не засвоюються повністю: вуглеводи – в середньому на 85 % (клітковина не засвоюється), білки – на 90–95, жири – на 94 %. Енергетичну цінність розраховують на 100 г їстівної частини продукту харчування. Так, у 100 г яловичини першої категорії міститься: біл-

ків – 18,9 %, жирів – 12,4 %. Отже, енергетична цінність яловичини з урахуванням коефіцієнта засвоюваності становить: $9 \times 12,4 + 4,0 \times 18,9 = 187$ ккал, або 782 кДж.

Мінеральні речовини, вода не мають прихованої енергії, а енергетичну цінність вітамінів, ферментів та інших органічних речовин не враховують, оскільки в продуктах їх дуже мало. Таким чином, енергетична цінність харчових продуктів залежить від вмісту в них білків, жирів і вуглеводів.

У середньому за добу людина витрачає 2000 – 4300 ккал, або 8368 – 18 017 кДж (від відповідно до віку, фізичного навантаження, клімату). Енергетична цінність добового раціону харчування має перебувати на такому самому рівні, її визначають додаванням енергетичної цінності окремих харчових продуктів, які входять до страви.

Залежно від характеру, трудової діяльності, віку, статі, стану здоров'я людині необхідно на добу 9218 – 16341 кДж (2200 – 3900 ккал).

Вимірювання цінності їжі тільки в калоріях ігнорує потреби організму в мінералах і вітамінах, не враховує наявності незамінних амінокислот чи жирних кислот, випускає з уваги кислотно-лужний баланс їжі. Зокрема, маргарин чи горілка мають високу енергетичну цінність, але майже не мають цінності поживної (відсутні білки, вітаміни, мінеральні елементи).

Отже, калорійність їжі не завжди є показником її корисності для здоров'я, для забезпечення фізіологічних потреб людини в пластичних, біологічно активних та мінеральних речовинах.

Опорні точки (висновки).

- Харчові продукти (нутрієнти) – елементи натуральних харчових продуктів, які людина використовує в їжу. До нутрієнтів належать білки, жири, вуглеводи, мінеральні речовини, вітаміни і вода.
- Серед нутрієнтів виокремлюють замінні й незамінні харчові речовини.
- До незамінних належать незамінні амінокислоти, деякі жирні кислоти, вітаміни, мінеральні речовини.

- Важливість білків у організмі пов'язана з їхніми функціями: структурною (будівельною), регуляторною, транспортною, захисною, скорочувальною та енергетичною.
- Жири мають найбільшу енергетичну цінність й виконують структурну (будівельну), резервну, транспортну, захисну, регуляторну та терморегулюючу функції в організмі.
- Функції вуглеводів у організмі різноманітні: енергетична, структурна (пластична), захисна, регуляторна, резервна.
- За харчовою цінністю вуглеводи поділяються на засвоювані та незасвоювані.
- Засвоювані вуглеводи перетравлюються, розщеплюються, всмоктуються і включаються в метаболізм організму.
- Незасвоювані вуглеводи не розщеплюються ферментами, що виробляються в шлунково-кишковому тракті людини.
- Поживність харчових продуктів – поняття, що відображає всю повноту корисних властивостей харчового продукту, включно зі ступенем забезпечення фізіологічних потреб людини в пластичних та біологічно активних речовинах, їхні органолептичні властивості.
- Калорійність (енергетична цінність) харчових продуктів характеризує частку енергії, яка вивільняється з харчових продуктів у процесі біологічного окиснення й використовуватися для забезпечення фізіологічних функцій організму.

КРОК ЧЕТВЕРТИЙ: відтворюємо.

1. Що таке нутрієнти?
2. Які речовини визначають біологічну цінність продуктів?
3. Наведіть приклади замінних і незамінних харчових речовин.
4. З чим пов'язана значна добова потреба організму людини в білках?
5. Чим відрізняються замінні та незамінні амінокислоти, повноцінні та неповноцінні білки?
6. Які функції виконують ліпіди в організмі людини?
7. Яке значення має споживання засвоюваних та незасвоюваних вуглеводів?
8. Для чого людина має знати поживність і калорійність харчових продуктів?

КРОК П'ЯТИЙ: застосовуємо.

1. Чому недостатність білкової їжі спричиняє низку серйозних порушень обміну речовин?

2. Які вуглеводи під час розщеплення швидко постачають енергію, а які виконують накопичувальну функцію?

3. Поясніть роль певних запасів жирів у організмі людини. До яких порушень може призвести їхній надлишок?

4. Заповніть таблицю:

Значення хімічних речовин для організму людини

Речовина	Функціональне значення	Продукти, що містять зазначені речовини
Вода		
Мінеральні солі		
Мікроелементи		
Вітаміни		
Білки		
Вуглеводи		
Ліпіди		

5. Порівняйте енергетичну цінність органічних речовин. Які з них можуть бути резервом енергії?

КРОК ШОСТИЙ: пропонуємо, формулюємо гіпотези та шляхи їх розв'язання.

1. Які чинники визначають енергетичні потреби організму? Наведіть відповідні дані.

2. Які органічні речовини не запасуються в організмі людини? Чому?

3. Поясніть, чому білки тваринного походження краще засвоюються, якщо їх споживати з овочами.

4. Розв'яжіть задачу. Визначте енергетичну цінність 100 г хліба, якщо в ньому 5,7 г білків, 0,4 г жирів, 56 г вуглеводів.

КРОК до ЗНО.

1. З амінокислот складаються молекули:

А ліпідів;

- Б вуглеводів;
 - В білків;
 - Г нуклеїнових кислот.
2. Серед органічних речовин найбільшу добову потребу людини становлять:
- А ліпіди;
 - Б вуглеводи;
 - В білки;
 - Г вітаміни.
3. Сукупність корисних властивостей продукту його смакові переваги, які зумовлені вмістом харчових речовин, називаються:
- А біологічною цінністю;
 - Б харчовою цінністю;
 - В енергетичною цінністю;
 - Г фізіологічною цінністю.
4. Біологічна цінність продукту обумовлена наявністю в ньому:
- А вітамінів, ферментів, вуглеводів;
 - Б білків, жирів, вуглеводів;
 - В мінеральних речовин, вітамінів, незамінних амінокислот;
 - Г води, органічних кислот, барвників.
5. Енергетична цінність товару характеризується наявністю в ньому:
- А білків, жирів, вуглеводів;
 - Б жирів, білків, ферментів;
 - В білків, вуглеводів, органічних кислот;
 - Г вітамінів, ферментів, води.

ДІЗНАЙТЕСЯ БІЛЬШЕ

Науковці встановили, що існують невідомі раніше *мінорні нехарчові фактори їжі* рослинного походження, які покращують життєві функції й знижують ризик розвитку багатьох захворювань. Ці дані дали змогу розширити перелік корисних біологічно активних факторів їжі – біофлавоноїдів, індолів, фітостеролів, ізотіоціанатів тощо.

Одним з інтегральних показників здоров'я людини є концентрація глюкози в крові; у нормі вона коливається в межах 0,08–0,12 % (тобто 8–12 г/л). За нормального рівня вмісту глюкози в крові утворюється глікоген у печінці й м'язах, відбуваються синтез жирів, її споживання клітинами мозку, м'язами та іншими тканинами. Дізнатися свій рівень глюкози в крові можна під час здавання аналізу крові на цукор у медичній установі. Здавати аналіз крові на цукор необхідно тільки вранці натщесерце. Вживання навіть найменшої кількості їжі зробить аналіз марним, а його результати недостовірними.

Наука – практиці.

Питання раціонального харчування нині хвилюють багатьох людей. Одні прагнуть підтримувати оптимальну для них вагу, інші відновлюються після хвороб або прагнуть зберегти здоров'я. З подібними проблемами вони звертаються до лікаря-дієтолога. **Дієтологія** – наука, зосереджена на дослідженні продуктів харчування, плануванні, контролі та застосуванні прийомів раціонального харчування. Лікар-дієтолог досліджує харчову цінність продуктів, процес приготування їжі й розробляє індивідуальний режим харчування залежно від стану здоров'я та віку пацієнтів. За допомогою правильного й індивідуально дібраного харчування можна не тільки змінити вагу, але і в комплексі проводити лікування захворювань внутрішніх органів, відновлювати організм після перенесених операцій, зміцнювати імунну систему, запобігати виникненню алергії.

§ 18. ВІТАМІНИ. МІНЕРАЛЬНІ РЕЧОВИНИ

Терміни та поняття: вітаміни, мінеральні речовини.

КРОК ПЕРШИЙ: пригадуємо.

1. Що таке вітаміни?
2. Наведіть приклади продуктів, які містять певні вітаміни.
3. Яке функціональне значення мають вітаміни для організму людини?
4. Якими способами можна зберегти вітаміни в харчових продуктах?
5. Які неорганічні речовини входять до складу клітин людини?
6. Атоми якого хімічного елементу входять до складу гемоглобіну?
7. Яке біологічне значення має хімічний елемент Йод?

КРОК ДРУГИЙ: визначаємось (крок у майбутнє).

Ці речовини нам дарує природа для підтримання нормальної життєдіяльності, стимулювання адаптаційних реакцій організму. Вони містяться в різних продуктах харчування і, за умови раціонального харчування, ми не відчуваємо додаткової потреби в них. Як лікарські засоби ми бачимо їх в аптеках під назвами «Ундевіт», «Декамевіт», «Гендевіт», «Мультивітамол», «Геровітал», «Тривіплус», «Центрум», «Юнікап,» «Піковіт», «Вітрум». Докладніше про ці життєво необхідні речовини дізнаємось із параграфа.

КРОК ТРЕТІЙ: навчаємось.

Щодня людина повинна отримувати певну кількість білків, жирів, вуглеводів. Проте навіть якщо така умова виконана, немає підстав назвати раціон повноцінним, оскільки відсутні ще два важливих компоненти харчування – вітаміни та мінеральні речовини.

Вітаміни – органічні речовини, яким властива висока біологічна активність. Вони не синтезуються організмом людини або синтезуються недостатньо і тому обов'язково мають надходити з їжею.

У разі недостатнього споживання й вітамінів із їжею виникають *гіповітамінози*, які виявляються у вигляді дратівливості, безсоння, слабкості, зниження працездатності та опірності до інфекційних за-

хворювань. Брак вітамінів у харчуванні спричиняє захворювання під загальною назвою *авітаміноз*. Прикладами захворювань, викликаних гіповітамінозом та авітамінозом, є: цинга (нестача вітаміну С), «куряча сліпота» (дефіцит вітаміну А), рахіт (пов'язаний із браком вітаміну D), бері-бері (дефіцит вітаміну В₁). Надмірне споживання вітамінів також небезпечне. Зокрема, надлишок у їжі А і D призводить до отруєння організму, що називається *гіпервітамінозом*.

Вітаміни залежно від розчинності у воді поділяють на: 1) водорозчинні – С, Р, В₁, В₂, В₆, В₁₂, РР; 2) жиророзчинні – А, D, Е, К.

Таблиця 3.










Вітаміни та їх роль в організмі людини

Назва вітаміну	Участь у фізіологічних функціях організму
<i>Водорозчинні вітаміни</i>	
Вітамін С (аскорбінова кислота)	<ul style="list-style-type: none"> • Підтримує захисні механізми до інфекцій, стійкість до токсичних речовин та стресів; • покращує еластичність кровоносних судин, засвоєння білків та Феруму; • підвищує процеси кровотворення та згортання крові
Вітаміни групи В (В ₁ –тіамін, В ₂ –рибофлавін, В ₆ –піридоксин, В ₁₂ –ціанокобаламід)	<ul style="list-style-type: none"> • Регулюють вуглеводний, білковий, жировий і мінеральний обміни; • забезпечують енергетичні процеси; • впливають на функцію нервової системи
Вітамін Р (рутин) – група речовин (понад 150) під назвою біофлаваноїди (катехін, еспередин та ін.);	<ul style="list-style-type: none"> • Бере участь в енергетичних процесах, у згортанні крові; • нормалізує процеси руйнування червоних кров'яних клітин; • посилює синтез травних ферментів тощо; • зміцнює капіляри й знижує проникність кровоносних судин; міститься в тих

	самих продуктах, що й вітамін С. Зокрема, катехін є в листках зеленого чаю і вважається антиоксидантом
<i>Жиророзчинні вітаміни</i>	
Вітамін А (ретинол)	<ul style="list-style-type: none"> • Необхідний для нормального зору, росту, формування зубів і кісток; • бере участь в енергетичному обміні; • зміцнює волосся, нігті; • підвищує стійкість організму до інфекційних, простудних захворювань
Вітамін D (кальциферол)	<ul style="list-style-type: none"> • Стимулює ріст організму; • прискорює окостеніння скелета й загоєння переломів кісток, виведення Плюмбуму з організму; • забезпечує міцність кісток
Вітамін E (токоферол)	<ul style="list-style-type: none"> • Забезпечує нормальну репродуктивну функцію; • позитивно впливає на стан та функції кровоносних судин; • стимулює м'язову діяльність; • сприяє накопиченню вітаміну А у внутрішніх органах
Вітамін K (філохінон)	<ul style="list-style-type: none"> • Бере участь в енергетичних процесах, у згортанні крові; • нормалізує процеси руйнування червоних кров'яних клітин; • посилює синтез травних ферментів тощо

Добова потреба організму людини у вітамінах залежить від багатьох факторів, зокрема умов праці, фізичного стану. Під час вагітності, різних захворювань потреба у вітамінах зростає. Як правило, вона не задовольняється за рахунок звичайного харчового раціону.

ДЕ ШУКАТИ ВІТАМІНИ

A		ЯЙЦЯ, ЯЛОВИЧА ПЕЧІНКА, РИБА, МОЛОКО, МОРКВА, ШПИНАТ, ПЕТРУШКА, СИР
B1		ЯЙЦЯ, МОЛОКО, ДРІЗДЖІ ГОРОХ, ЯЛОВИЧА ПЕЧІНКА, КВАСОЛЯ, ПАРОСТКИ ПШЕНИЦІ
B2		ЯЙЦЯ, СИР, МОЛОКО, СВИНИНА, СӨСВЕ МАСЛО, РИБА, ВІСЯНІ ПЛАСТІВЦІ.
C		ЦИТРУСОВІ, ЧЕРВОНІ ФРУКТИ, РЕДЬКА, КУЧЕРЯВА КАПУСТА, ЗЕЛЕНИЙ ГОРОШОК, КВАСОЛЯ
D		ОЛІЯ, ЯЛОВИЧИНА, ЯСЧНИЙ ЖОВТОК, РИБА, ЯЛОВИЧА ПЕЧІНКА
E		МОЛОКО, САЛАТ, ОЛІЯ, ПАРОСТКИ ПШЕНИЦІ
F		РИБ'ЯЧИЙ ЖИР, СУХОФРУКТИ, ОЛИВКОВА ОЛІЯ
N		ГРИБИ, ШОКОЛАД, ГОРІХИ, МОЛОКО, ЯСЧНИЙ ЖОВТОК, ВІСЯНІ ПЛАСТІВЦІ, ПЕЧІНКА
K		МОРСЬКА КАПУСТА, ЦИБУЛЯ, ЗЕЛЕНИЙ ЧАЙ, ШПИНАТ, ЧЕЧЕВИЦЯ



Мал. 101.
Джерела вітамінів

Слід спеціально добирати відповідні природні продукти або вживати полівітамінні препарати

Мінеральні речовини – незамінний складник їжі.

Залежно від кількісного вмісту в продуктах харчування мінеральні речовини поділяють на макро-, мікро-, ультрамікроелементи. *Макроелементи* – це Фосфор (*P*), Кальцій (*Ca*), Сульфур (*S*), Натрій (*Na*), Калій (*K*), Магній (*Mg*) та ін. *Мікроелементи*: Ферум (*Fe*), Флуор (*F*), Манган (*Mn*), Купрум (*Cu*), Йод (*I*), Бор (*B*), Цинк (*Zn*), Кобальт (*Co*), Молібден (*Mo*) та ін. До *ультрамікроелементів* належить Селен (*Se*), Аурум (*Au*) та ін.



За умови недостатності чи надлишку мінеральних речовин в організмі людини виникають специфічні порушення, які призводять до захворювань.

Кальцій необхідний для регуляції процесів нервової провідності й м'язових скорочень, формування кісткової тканини, мінералізації зубів, проникності клітинних мембран, підтримки стабільної серцевої діяльності; бере участь у процесах згортання крові. Кальцій – хімічний аналог Стронцію, що важливо знати в разі харчування в місцевостях з підвищеним вмістом радіонуклідів у навколишньому середовищі. Найбільше Кальцію містять молочні продукти, крупи, капуста.

Фосфор входить до складу білків, кісткової тканини. Він відіграє важливу роль в обміні речовин, впливає на функції нервової тканини, м'язів, печінки, нирок. За його нестачі спостерігається розм'якшення кісток, у разі надмірного надходження – порушення засвоєння Са і виведення його з кісток. Міститься в молочних продуктах, яйцях, м'ясі, рибі, хлібі, бобових.

Магній необхідний для обміну вуглеводів, входить до складу кісток, забезпечує нормальну діяльність м'язів серця та його кровопостачання, регулює діяльність нервової системи. Магній розширює судини, стимулює моторику кишок і жовчовиділення, сприяє виведенню холестерину з організму. Міститься в хлібі, крупах, бобових, горіхах, какао-порошку.

Ферум – кровотворний елемент, що входить до складу гемоглобіну, міоглобіну, окремих ферментів. За нестачі заліза розвивається анемія. При цьому знижується стійкість організму, з'являється швидка стомлюваність, нудота, зменшується апетит, виникають головний біль, серцебиття. Міститься в печінці, нирках, яйцях, вівсяній і гречаній крупах, житньому хлібі, яблуках.

Калій – внутрішньоклітинний елемент, регулює кислотно-основну рівновагу крові, активізує роботу певних ферментів, бере участь у багатьох процесах обміну речовин, у передаванні нервових імпульсів. Калій нормалізує тиск крові й роботу серця. Багато калію є в сушених фруктах, горосі, квасолі, картоплі, м'ясі, рибі.

Натрій разом із Калієм регулює водно-сольовий обмін, затримуючи вологу в організмі, підтримує нормальний осмотичний тиск в тканинах. У харчових продуктах Натрію мало, тому його вводять із кухонною сіллю.

Хлор бере участь у регуляції осмотичного тиску в тканинах і в утворенні соляної кислоти (*HCl*) у шлунку. Надходить в організм разом із кухонною сіллю.

Сульфур входить до складу деяких амінокислот, вітаміну B_{12} , гормону інсуліну. Міститься в горосі, вівсяній крупі, сирі, яйцях, м'ясі, рибі.

Йод необхідний для побудови та роботи щитоподібної залози, відповідальний за процеси росту й розвитку, регуляцію температури тіла, білковий, ліпідний, водно-електролітний обмін. Найбільше Йоду міститься в рослинних і тваринних продуктах моря. Небезпечним для людини є як надлишок, так і нестача (дефіцит) Йоду в організмі.



Мал. 102. Ендемічний зоб



Мал. 103. Подразнення шкіри при йодизмі

Основні прояви дефіциту Йоду: збільшення вироблення й виділення гормонів щитоподібної залози; формування ендемічного зобу; *гіпотиреоз* (нервово-психічні розлади, в'ялість); сонливість, набряки обличчя, кінцівок і тулуба; закрепи; глухонімота, паралічі; зниження інтелектуального рівня. При гіпотиреозі (нестачі Йоду в організмі) потрібно вживати йодовану соль, різноманітні препарати «Йодома-рин» (мал. 104).

У разі тривалого застосування препаратів йоду, вдихання його парів може виникнути *йодизм* – прояви надлишку Йоду у вигляді подразнень слизових оболонок і шкіри, ураження очей, металевого присмаку в роті та ін. Зазвичай йодизм зникає за декілька днів після припинення контакту з йодоовмісною речовиною.



Мал. 104. Засоби подолання гіпотиреозу

Флуор нормалізує фосфорно-кальцієвий обмін, необхідний для формування зубів і кісткового скелета.



а)

б)

в)

Мал. 105. За недостатнього вмісту Флуору в їжі виникає карієс (а,б), за надмірного – флюороз (в).

Добову потребу можуть задовольнити 100 г печінки, 100 г оселедців. Значно менше Флуору (в 10 разів) у хлібі, м'ясі, овочах, фруктах.

Купрум – життєво важливий мікроелемент: входить до складу багатьох вітамінів, гормонів, ферментів, дихальних пігментів, бере участь у процесах обміну речовин, у тканинному диханні, синтезі гемоглобіну, підтриманні нормальної структури кісток, хрящів, сухожиль (колаген), еластичності стінок кровоносних судин, легневих альвеол, шкіри (еластин). *Си* використовується в лікуванні й профілактиці захворювань опорно-рухового апарата, гіпотиреозу.

Цинк належить до групи незамінних мікроелементів. У висушеній рослині вміст *Zn* 15–70 мг/кг (найбільше в насінні), в організмах

тварин – 30–90 мг/кг (найбільше у волоссі, м'язовій тканині, клітинах крові, шкірі, передміхуровій залозі, спермі). *Zn* входить до складу понад 40 ферментних систем, гормонів (інсуліну), еритроцитів, за фізіологічною дією наближається до *Fe*. Додаткова оптимальна потреба для дорослої людини – 10–15 мг. Дефіцит *Zn* може розвиватися в разі недостатнього надходження цього елемента до організму (1 мг/день і менше), а поріг токсичності становить 600 мг/день. Купрум і Цинк містяться в незначних кількостях у печінці, яловичині, бобових культурах, у зерні злакових культур і продуктах його переробки та деяких інших продуктах.

Отже, значення мінеральних речовин для організму людини полягає в тому, що вони: беруть участь у побудові кісток скелета; підтримують кислотно-лужну рівновагу; нормалізують водно-сольовий обмін, діяльність ендокринної та центральної нервової системи; входять до складу крові.

Опорні точки (висновки).

- Важливими компонентами харчування є вітаміни та мінеральні речовини.
- Вітаміни – біологічно активні речовини, які синтезуються в організмі або потрапляють до нього з харчовими продуктами та в малих кількостях необхідні для нормальної життєдіяльності й обміну речовин.
- Вітаміни поділяють на водорозчинні та жиророзчинні.
- За недостатнього споживання вітамінів із їжею виникають *гіповітамінози*. Відсутність вітамінів у харчуванні спричиняє захворювання під загальною назвою *авітаміноз*. Надмірне споживання вітамінів призводить до отруєння організму, що називається *гіпервітамінозом*.
- Додаткова потреба організму людини у вітамінах залежить від багатьох факторів, зокрема умов праці, фізичного стану.
- *Мікроелементи* Ферум (*Fe*), Флуор (*F*), Манган (*Mn*), Купрум (*Cu*), Йод (*I*), Бор (*B*), Цинк (*Zn*), Кобальт (*Co*), Молібден (*Mo*) входять до складу органічних і неорганічних сполук або перебувають у вигляді йонів.

За недостатності чи надлишку мінеральних речовин в організмі людини виникають специфічні порушення, які призводять до захворювань.

КРОК ЧЕТВЕРТИЙ: відтворюємо.

1. Дайте визначення вітамінів. Наведіть приклади значення вітамінів для обміну речовин, росту та розвитку організму.

2. Які вітаміни належать до водорозчинних, а які – до жиророзчинних?

3. В яких випадках розвивається гіповітаміноз, авітаміноз, гіпервітаміноз? Наведіть відповідні приклади.

4. Які хімічні елементи називають мікроелементами? Назвіть їх.

5. Наведіть приклади, які ілюструють значення окремих мікроелементів.

КРОК П'ЯТИЙ: застосовуємо.

1. Складіть схему класифікації вітамінів за розчинністю.

2. Заповніть таблицю:

Назва вітаміну	Джерело вітаміну	Значення в організмі	Прояв гіповітамінозу	Прояв авітамінозу

3. Поясніть, чому салати, які містять сиру моркву, краще заправляти олією.

4. До лікаря звернувся пацієнт із такими симптомами: зміни в шкірі та слизових оболонках, їхня сухість, запалення слизової оболонки та рогівки ока, є підозри на ураження епітелію травного каналу. Про що свідчать ці симптоми й чи можливе лікування?

КРОК ШОСТИЙ: пропонуємо, формулюємо гіпотези та шляхи їх розв'язання.

1. Після Чорнобильської катастрофи багатьом постраждалим лікарі прописували препарати Йоду. Для чого?

2. Як можна довести вплив на організм людини нестачі певного вітаміну?

КРОК до ЗНО.

1. До мікроелементів належить:

А Оксиген;

Б Купрум;

В Нітроген;

Г Гідроген.

2. Розмістіть хімічні елементи у послідовності за їхнім вмістом у живих клітинах від найменшого до найбільшого:

А *Au*; Б *O*; В *N*; Г *Fe*.

3. Вітамін Д у великій кількості міститься у:

А фруктах;

Б моркві;

В хлібі;

Г риб'ячому жиру

4. Назвіть іншу назву вітаміну С:

А ретинол;

Б токоферол;

В аскорбінова кислота;

Г піридоксин.

5. Позначте повну назву вітаміну А:

А ретинол;

Б токоферол;

В ретинол;

Г піридоксин.

6. Встановіть відповідність між назвами вітамінів і назвами хвороб, які виникають внаслідок авітамінозу:

- | | |
|-------------------|------------------|
| 1. А | А пелагра |
| 2. В ₆ | Б дерматит |
| 3. С | В цинга |
| 4. РР | Г куряча сліпота |

7. Вкажіть назву вітаміну, який пришвидшує поглинання клітинами кисню:

А В₁; Б В₂; В В₆; Г В₁₂.

8. Внаслідок відсутності вітаміну Д виникає захворювання:

А дерматит; Б діабет; В рахіт; Г цинга.

9. У шкірі людини під дією ультрафіолетового випромінювання утворюється вітамін:

А А; Б В₂; В С; Г Д.

10. Який з вітамінів підвищує опірність організму до простудних захворювань?

А А; Б В₂; В С; Г Д.

11. Жиророзчинними вітамінами є:

А А; Д; Б В₂; В С; Г В₁₂.

12. Встановіть відповідність між терміном та його визначенням

- | | |
|-------------------|--|
| 1. Гіпервітаміноз | А відсутність вітамінів у організмі |
| 2. Гіповітаміноз | Б надлишок вітамінів у організмі |
| 3. Авітаміноз | В недостатня кількість вітамінів в організмі |

..... **ДІЗНАЙТЕСЯ БІЛЬШЕ**

Нестача Йоду залишається одним із найпоширеніших мінеральних дефіцитів у світі, від якого страждає понад 1 млрд людей. Відповідно до рекомендацій Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), у світі застосовуються різні методи профілактики йододефіцитних захворювань: йодування кухонної солі із використанням KI або KIO_3 (40 мкг Йоду в 1 г $NaCl$) та інших продуктів, споживання збагачених Йодом препаратів.

§ 19. ВОДА – НЕВІД’ЄМНИЙ СКЛАДНИК МЕТАБОЛІЗМУ

Терміни та поняття: вода, якість води, джерела забруднення води, евтрофікація водойм.

КРОК ПЕРШИЙ: пригадуємо.

1. Які основні класи неорганічних речовин виявлені в живих організмах?
2. Яке значення має вода для рослин?
3. Які фізико-хімічні властивості води визначають її біологічне значення в клітинах живих організмів?
4. Як відбувається водно-сольовий обмін в організмі людини?
5. Чим небезпечна нестача води в організмі людини?



КРОК ДРУГИЙ: визначаємось (крок у майбутнє).

Водні ресурси країни – одне з джерел отримання питної води для населення. Про те, як визначити, чи придатна вода до вживання і яка її кількість обов’язково має потрапити в організм людини, дізнайтесь з матеріалу посібника.

КРОК ТРЕТІЙ: навчаємось.

Вода є невід’ємним складником нормального функціонування організму. Вона заповнює тканини й клітини, бере участь у біохімічних реакціях, забезпечує транспортування поживних речовин, продуктів розпаду, виконує терморегулюючу функцію.

Вода належить до основних речовин харчування (нутриєнтів) поряд із білками, вуглеводами, жирами, вітамінами і мінеральними елементами. Повне позбавлення організму води призводить до смерті людини за п’ять – дев’ять днів, чого не відбудеться, якщо людину позбавити їжі на такий самий строк.

Організм дорослої людини містить 65 % води (80 % – у новонародженого). У разі втрати води (зневоднення) 2 % до ваги тіла з’являються спрага, загальне нездужання; при втраті 6–8 % – настає стан запаморочення, напівнепритомності; коли бракує 10 % – виникають галю-

цинації, порушується ковтання; якщо людина втрачає понад 12–15 % від маси тіла, вона помирає.

На добу дорослій людині необхідно 30 мл води на 1 кг маси тіла. *Отже, людина вагою 70 кг на добу повинна споживати до двох літрів чистої питної води (крім чаю, кави, соків та інших рідин).* Потреба у воді може коливатися залежно від спожитої їжі (у складі якої є вода), умов середовища, праці, якою займається особа. Частина води поповнюється під час обмінних процесів усередині організму (так звана ендогенна вода).

Підтримання водного балансу в організмі людини передбачає не тільки надходження та розподіл води, а і її виведення з організму. Вода втрачається із сечею, фекаліями, при випаровуванні з поверхні шкіри та дихальних шляхів. За деяких патологічних станів і під час фізичного навантаження виділення води посилюється й співвідношення шляхів виведення, наведене вище, змінюється. Наприклад, при цукровому діабеті посилюється виділення води через нирки – із сечею, при холері – через травний тракт, під час роботи в гарячих цехах – через шкіру – з потом.

З організму виводиться не чиста вода, а розчинені в ній кінцеві продукти метаболізму, токсини тощо. Отже, для того щоб їх вивести, потрібна достатня кількість води, тому зневоднення загрожує хронічним отруєнням організму – інтоксикацією. З огляду на роль, яку в організмі людини відіграє вода, вона має бути високої якості.

Поняття про якість води

Вода, яку людина використовує для пиття, має відповідати *показникам якості води* – органолептичним (оцінюються за допомогою органів чуття людини), санітарно-хімічним і радіаційним.

Органолептичні показники: вода має бути прозорою, без відчутного запаху, приємною на смак (без інтенсивного смаку і присмаку).

Розрізняють чотири основних види смаку (солоний, кислий, солодкий, гіркий), усі інші смакові відчуття називають присмаками (лужний, металевий тощо). Розрізняють дві групи запаху води – природного та штучного походження. Запахи природного походження обумовлені

життєдіяльністю у воді організмів, впливом ґрунтів берегів водойм. Так, наявність у воді рослинних залишків надає їй землистий, мулистий або болотний запах; сірководень надає воді запах тухлих яєць; під час гниття органічних речовин або забруднення нечистотами виникає гнильний, сірководневий або фекальний запах. Запахи штучного походження з'являються в разі забруднення води промисловими та іншими стічними водами (фенольний, камфорний, аптечний, хлорний, бензиновий та ін.).



Мал. 106. Оцінювання якості води

1. *Хімічні показники якості води:* сумарний вміст солей, розчинних газів, шкідливих речовин-забруднювачів (нітратів, пестицидів, фосфатів, важких металів, поверхнево-активних та інших речовин) мають відповідати концентраціям, які не шкодять здоров'ю людині.

2. *Санітарно-гігієнічні показники* характеризують забрудненість води патогенними мікроорганізмами (кишковою паличкою, сапрофітними бактеріями). Бактеріальний контроль здійснюють за двома показниками: загальним вмістом мікробів в 1 мл води (мікробним числом) та вмістом у ній бактерій кишкової палички (*Escherichia coli*). Загальна кількість бактерій не ніж повинна перевищувати 100 в 1 мл, а кишкової палички – не більше трьох в 1 мл питної води.

Отже, якість води – це комплексна характеристика складу та властивостей води, яка визначає її придатність до використання. Вживання неякісної питної води загрожує тяжкими наслідками для здоров'я людини.

Яку воду пити з крана? Зазвичай вода з крана якісна, але все ж містить залишки різних хімічних речовин. Зокрема, водопровідну воду хлорують із метою дезінфекції (знищення шкідливих мікробів). Під час нагрівання такої води деякі сполуки хлору перетворюються на діоксини – канцерогенні речовини, що спричиняють онкологічні захворювання. Крім того, у воді можуть міститися солі важких металів та органічні забруднювачі. Для доочищення води в домашніх умовах використовують різні види фільтрів (мал. 107).



а)

б)

в)

Мал. 107. Фільтри для очищення води: а фільтр «гличик»;

б – фільтр-насадка на кран; в – система на основі зворотного осмосу

Розглянемо види фільтрів, зображених на малюнку.

а) Фільтри «гличики». Ресурс картриджів (змінних елементів) у таких фільтрів становить близько 300 л, тобто замінювати їх необхідно кожні два – три місяці. Є також настільні фільтруючі системи, середній ресурс картриджів систем яких – 1500 л і більше.

б) Фільтри-насадки на кран очищують воду за принципом, схожим із «гличиками», мають трохи більший ресурс і займають небагато місця. Монтуються на кран безпосередньо на час фільтрації води.

в) Системи на базі осмосу та ультрафільтрів, які майже на 99 % очищують воду від усіх забруднень.

Джерела забруднення води

Статистика Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) свідчить, що майже 3 млрд жителів планети користуються неякісною

питною водою. Зафіксовано сотні хвороб, що виникають унаслідок вживання такої води.

В Україні кількість річок оцінюють числом у 30000 (в тому числі 22000 малих річок), на берегах яких розміщено майже 90 % населених пунктів. Найбільшими річками України є Дніпро, Дністер та Південний Буг, у басейнах яких проживає близько 80 % населення. Практично всі поверхневі джерела водопостачання України протягом останніх десятиліть інтенсивно забруднювались.

Джерела забруднення водою: 1) стічні води промисловості, здебільшого підприємств енергетики, чорної металургії та вугільної промисловості; 2) стоки сільськогосподарських виробництв (із полів і тваринницьких ферм); 3) стоки водоканалів населених пунктів.

Основними забруднюючими речовинами є: нітрати, сполуки багаті на Фосфор і Сульфур, нафтопродукти, поверхнево-активні речовини (ПАР) у вигляді мийних засобів, сполуки важких металів.

Отже, вода – це життя, а чиста вода – якісне життя й основа здоров'я.

Опорні точки (висновки).

- Вода є невід'ємним складником нормального функціонування організму. Вона заповнює тканини й клітини, бере участь у біохімічних реакціях, забезпечує транспортування поживних речовин, продуктів розпаду, виконує терморегулюючу функцію.
- Вода належить до основних речовин харчування (нутриєнтів).
- Вода, яку людина використовує для пиття, має відповідати показникам якості води: органолептичним, санітарно-хімічним та радіаційним.
- Якість води – комплексна характеристика складу й властивостей води, що визначає придатність її до використання.
- Вживання неякісної питної води загрожує тяжкими наслідками для здоров'я людини.

КРОК ЧЕТВЕРТИЙ: відтворюємо.

1. Охарактеризуйте біологічну роль води в організмі людини.
2. Якими є обов'язкові норми споживання води людиною?
3. Назвіть показники якості води й охарактеризуйте їх.

4. Які є способи поліпшення якості питної води?
5. Наведіть приклади джерел забруднення води.

КРОК П'ЯТИЙ: застосовуємо.

1. Поясніть, чим визначається індивідуальна потреба людини у воді.
2. Доведіть, що вживати недоброякісну питну воду дуже шкідливо для організму.
3. Заповніть таблицю:

Показники якості води

Назва показника	Характеристика показника	Норма

4. Дослідіть, чи є джерела забруднення питної води у вашій місцевості. Назвіть їх.

КРОК ШОСТИЙ: пропонуємо, формулюємо гіпотези та шляхи їх розв'язання.

1. Прокоментуйте вислів: «Позбавити людину цієї речовини небезпечніше, ніж залишити його без їжі». Про що йдеться?
2. Опрацюйте додаткові джерела інформації (посібники, довідники, інтернет-ресурси) та підготуйте повідомлення про сучасні способи очищення води, небезпеку вживання води, забрудненої хімічними речовинами.
3. Доведіть значення санітарно-гігієнічного контролю стану питної води.
4. Чи пов'язані між собою стан відкритих водойм і якість питної води? Відповідь обґрунтуйте.

КРОК до ЗНО.

1. Виберіть правильні твердження, що стосуються властивостей води:
 - А універсальний розчинник;
 - Б має низьку теплоємність і низьку теплопровідність;
 - В є основним засобом переміщення речовин в організмі;
 - Г є основним середовищем, де протікають реакції;
 - Д надає клітинам об'єм та пружність.

2. Вкажіть, чим можна пояснити різницю у вмісті води в клітинах ембріонів (96 %), молодого організму (80 %) та організму людини похилого віку (60 %):

- А інтенсивністю обміну речовин;
- Б розмірами тіла;
- В збільшенням ваги тіла;
- Г здатністю води розчиняти речовини.

3. Скільки (максимально) людина може прожити без води:

- А одну добу;
- Б дві – три доби;
- В чотири доби;
- Г п'ять – дев'ять діб.

4. Який вміст води в організмі людини від загальної маси?

- А 25 %; Б 35 %; В 45 %; Г 65 %.

5. Який показник якості питної води досліджувався, якщо у висновку зазначено: «Біля дачних ділянок влаштовано трубчатий колодезь. Під час проведення аналізу води виявлено наявність солей Феруму, хлоридів, сульфатів»?

- А органолептичний;
- Б санітарно-гігієнічний;
- В хімічний.

6. Який показник якості питної води досліджувався, якщо у висновку написано, що під час лабораторного дослідження встановлено: ЗМЧ (загальне мікробне число) 120, індекс БГКП (бактерій групи кишкових паличок) 4:

- А органолептичний;
- Б санітарно-гігієнічний;
- В хімічний.

7. Запах, присмак, кольоровість, каламутність води – це показники якості питної води:

- А органолептичні;
- Б санітарно-гігієнічні;
- В хімічні.

ДІЗНАЙТЕСЯ БІЛЬШЕ

Багатьом із вас доводилося спостерігати картину, коли гарний ставок, озеро або вода біля берегів тихої річки перетворюється на зелену слизьку плівку з неприємним запахом. Екологи називають це явище евтрофікацією водойм.

Евтрофікація водойм (від грец. *eutrophia* – добре харчування) – збагачення водойм біогенними елементами (Нітрогеном, Фосфором, Калієм), які при високих температурах улітку сприяють масовому розвитку одноклітинних водоростей («цвітіння води»), що призводить до дефіциту кисню, та, як наслідок – до загибелі риби та інших організмів водойми. Вода стає неприємною на смак і запах, а сама водойма – непривабливою.



Мал. 108. Евтрофікація водойми

Евтрофікація водойм – процес оборотний. Ефективними засобами боротьби з цим явищем є припинення надходження біогенних елементів у водойми шляхом збалансованого використання добрив під час вирощування сільськогосподарських культур, очищення стічних вод, лісогосподарських заходів навколо водойм та ін.

§ 20. БІОЛОГІЧНО АКТИВНІ ДОБАВКИ (БАД) ЯК СПОСІБ ОПТИМІЗАЦІЇ ХАРЧУВАННЯ НАСЕЛЕННЯ. ХАРЧОВІ ДОБАВКИ

Терміни та поняття: БАД, нутрицевтики, парафармацевтики, субіотики, харчові добавки, індекс E.

КРОК ПЕРШИЙ: пригадуємо.

1. Які поживні речовини необхідні організму людини?
2. Чому після лікування антибіотиками необхідно вживати продукти з живими біфідобактеріями?
3. Чому лікарі не радять вживати у значних кількостях солодкі газовані напої та чіпси?

КРОК ДРУГИЙ: визначаємось (крок у майбутнє).

У 50-х роках ХХ ст. вчені-фармакологи синтезували перші біологічно активні препарати. Минуло майже 70 років, кількість біологічно активних добавок (БАД) збільшилась у сотні разів, але й досі часто плутають БАДи з харчовими добавками. Матеріал посібника надасть вам інформацію, якою ви зможете скористатись у житті.

КРОК ТРЕТІЙ: навчаємось.

Населення планети постійно зростає, і з кожним роком дедалі важче забезпечити раціональне харчування та коригування раціону харчування тільки традиційним способом – за рахунок збільшення обсягів виробництва та розширення асортименту продовольчих товарів. Оптимізація харчування населення на сучасному етапі передбачає широке використання добавок до їжі у вигляді біологічно активних концентратів необхідних пластичних і регуляторних речовин рослинного, тваринного й мінерального походження.

Біологічно активні добавки (БАД) – концентрати натуральних або ідентичних натуральним біологічно активних речовин, призначених для безпосереднього вживання одночасно з їжею.

Використовують БАД для коригування хімічного складу й раціонів лікувального харчування з метою оптимізації харчування та комплексної природної терапії. Отже, важливо розуміти, – БАДи вводяться в харчовий раціон

з метою регуляції функцій організму в межах фізіологічних норм. Ці добавки можуть мати вигляд капсул або таблеток.



Мал. 109. Біологічно активні добавки

БАДи поділять на нутрицевтики, парафармацевтики та еубіотики.

Нутрицевтики – харчові добавки у вигляді додаткових джерел вітамінів, мікроелементів і макроелементів, амінокислот, білків, жирів, вуглеводів і деяких інших речовин, необхідних для нашої життєдіяльності. Нутрицевтики створено для оптимізації харчування людини, ліквідації дефіциту харчових речовин у раціоні.

Парафармацевтики (від грец. *para* – близько, майже поруч, і *фармацевтики* – лікарські засоби) – це вже «ніби ліки», харчові добавки, що здатні регулювати певні процеси в нашому організмі й застосовуються з метою профілактики певних хвороб або допоміжної терапії в комплексі з ліками. На відміну від нутрицевтиків парафармацевтики набагато ближчі до ліків, адже більшість компонентів, які містяться в парафармацевтиках, входять до складу лікарських засобів. Речовини парафармацевтиків не перевищують необхідної для людини терапевтичної дози й не спричиняють побічних реакцій. Парафармацевтики поділяють на такі групи.

БАД загальнозміцнювальної дії – основу добавок становлять корінь женьшеню, бджолине маточне молоко, квітковий пилок спіруліна; їх використовують для підвищення фізичної та розумової працездатності, захисних сил організму (імунітету)



а)



б)

Мал. 110. БАДи: а) спіруліна; б) бджолине маточне молочко

Спіруліна – водорість (*Spirulina platensis*); містить до 50 вітамінно-протеїнових та мінеральних речовин, важливі амінокислоти. Препарат застосовується при хронічних захворюваннях шлунково-кишкового тракту (нормалізує мікрофлору кишечника), позитивно впливає на функцію щитоподібної залози (підвищує імунітет). Спіруліна компенсує білкову, вітамінну, мінеральну недостатність.

БАД для поліпшення функціонування шлунково-кишкового тракту – засоби, які нормалізують склад кишкової мікрофлори, мають м'яку проносну й протизапальну дію, запобігають спазмам кишечника. Функціональною основою цих парафармцевтиків є порошки або екстракти рослин (кори крушини, топінамбура, ромашки, меліси та ін.).

БАДи для профілактики серцево-судинних захворювань, поліпшення роботи головного мозку, функціонування печінки чи ендокринної системи.

Еубіотики – біологічно активні добавки, до складу яких входять живі мікроорганізми (біфідобактерії, лактобактерії, пивні чи пекарські дріжджі) або їхні висушені метаболіти, що нормалізують склад і біологічну активність мікрофлори травного тракту (мал. 111). Зокрема, молочнокислі бактерії роду *Lactobacillus* допомагають боротися з

патогенною мікрофлорою. Випускають кисломолочні продукти, збагачені еубіотиками, які мають приємний смак, помірну кислотність, досить густу консистенцію.



а)



б)

Мал. 111. а) капсули БІФОНОРМ - ПЛЮС (з живими біфідобактеріями); б) препарат *Laciум* з бактеріями проти дисбактеріозу (порушень нормальної кишкової мікрофлори)

Пам'ятайте: купуючи БАДи, прагнучи допомогти своєму організму відновити будь-який функціональний процес, варто ретельно вивчити прикладену анотацію, порадитися з лікарем – фахівцем у цій галузі, і чітко дотримуватись інструкції щодо приймання цих засобів.

Найкращий час для приймання добавок – відразу після прийому їжі. Виділення травних соків після їжі полегшує розчинення та засвоєння добавок організмом. БАДи не можна прирівнювати до харчових добавок.

Харчові добавки

До харчових добавок належать: барвники, емульгатори, згущувачі, розпушувачі тіста, регулятори кислотності, гелеутворювачі, консерванти, підсолоджувачі, ароматизатори.

Харчові добавки – група речовин природного та штучного походження, які не вважаються їжею, але використовуються для покращання смакових якостей, удосконалення технологій отримання продуктів спеціального призначення з відповідними властивостями.

Харчові добавки не вживають самостійно як їжу, їх використовують із метою надання продуктам харчування необхідних органолептичних і технологічних властивостей (смак, форма, колір, строк зберігання тощо).



Мал. 112. Харчові добавки

Харчова добавка може позначатися як індивідуальна речовина, наприклад, сорбінова кислота, лецитин або у вигляді індексу «Е» (*Europe*) з три- чи чотиризначним номером, який присвоєний конкретній добавці й зрозумілий в усіх країнах світу (мал. 113).

Кодифікування харчових добавок

E100-E182 - барвники.	
E200-E299 - консерванти.	
E300-E399 - антиокислювачі.	
E400-E499 - стабілізатори, згущувачі, емульгатори.	
E500-E599 - розпушувачі, регулювальники кислотності	
E600-E699 - підсилювачі смаку й запаху.	
E700-E899 - запасні індекси для іншої можливої інформації.	
E900-E999 - піногасники, підсолоджувачі.	
E1000 – герметики, ферменти, вологозатримувачі, й інші добавки.	

Мал. 113. Система цифрового кодифікування харчових добавок

Безпека харчових добавок постійно обговорюється населенням, а тому потребує постійної перевірки фахівцями.

Опорні точки (висновки).

- Біологічно активні добавки (БАД) – концентрати натуральних або ідентичних натуральним біологічно активних речовин, призначених для безпосереднього вживання одночасно з їжею
- БАДи поділять на нутрицевтики, парафармацевтики та еубіотики.
- Харчові добавки – група речовин природного та штучного походження, які не вважаються їжею, але використовуються для покращання смакових якостей, удосконалення технологій отримання продуктів спеціального призначення.
- До харчових добавок належать: барвники, емульгатори, згущувачі, розпушувачі тіста, регулятори кислотності, гелеутворювачі, консерванти, підсолоджувачі, ароматизатори.
- Варто розумно та зважено підходити до вживання БАДів, а також обирати продукти з найбезпечнішими харчовими добавками.

КРОК ЧЕТВЕРТИЙ: відтворюємо.

1. Що таке біологічно активні добавки?
2. На які групи поділяють біологічно активні добавки?
3. Наведіть приклади БАДів із груп нутрицевтиків, парафармацевтиків та еубіотиків.
4. Що таке харчові добавки?
5. Наведіть приклади відомих вам харчових добавок.
6. Де і яка інформація наводиться про наявність харчових добавок у продуктах?

КРОК П'ЯТИЙ: застосовуємо.

1. Які негативні наслідки може спричинити надмірне вживання продуктів із синтетичними харчовими добавками?

2. Заповніть таблицю:

Характеристика біологічно активних добавок

Група БАДів	Характеристика	Мета застосування

3. Проаналізуйте зміст кількох етикеток харчових продуктів і визначте, які харчові добавки в них містяться. З'ясуйте за додатковими джерелами, чи безпечні вони.

КРОК ШОСТИЙ: пропонуємо, формулюємо гіпотези та шляхи їх розв'язання.

1. Підготуйте невелике повідомлення про один із видів БАДів, який вживається у вашій родині, за планом: назва препарату, хімічний склад, обґрунтування щодо дотримання правил вживання.

2. Розробіть інформаційну картку, де зазначите пояснення до кодування харчових добавок. Доведіть важливість такої інформації.

..... ДІЗНАЙТЕСЯ БІЛЬШЕ

Біологічно активні добавки з'явилися в Україні понад 10 років тому. Нині населенню пропонують свою продукцію понад 200 фірм-виробників. Маючи такий арсенал БАДів, лікар може вводити їх у раціон дієтичного чи раціонального харчування для оптимізації обмінних процесів та функцій організму людини з урахуванням стану її здоров'я. Нещодавно, відповідно до внесених змін до Закону України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів», синонімом терміна *біологічно активна добавка* став термін *дієтична добавка*. Її визначено як харчовий продукт, що споживається в невеликих визначених кількостях додатково до звичайного харчового раціону, який є концентрованим джерелом поживних речовин, у тому числі білків, жирів, вуглеводів, вітамінів, мінеральних речовин і виготовлений у вигляді таблеток, капсул, драже, порошків, рідин або в інших формах.

Наука – практиці.

Кілька десятиліть існування у світі БАД зумовили розуміння того, що найефективнішим напрямом є не випуск добавок з одним-двома головними компонентами, а створення комплексних систем, розрахованих на розв'язання конкретних проблем. Зокрема, створено біодобавки «Здорове волосся», «Міцні нігті» та ін. До таких комплексів входять вітаміни, мікроелементи, екстракти трав, амінокислоти тощо.

§ 21. НЕГАТИВНИЙ ВПЛИВ НА ОБМІН РЕЧОВИН АЛКОГОЛЮ, ТЮТЮНУ ТА НАРКОТИЧНИХ РЕЧОВИН

Терміни та поняття: алкоголь, тютюн, наркотичні речовини, негативні наслідки для організму.

КРОК ПЕРШИЙ: пригадуємо.

1. Що таке здоров'я? Чому саме здоров'я бажать людям насамперед?

2. Що, на вашу думку, входить до поняття «здоровий спосіб життя»?

3. Які чинники впливають на формування поведінки людини?

4. Які потреби людини зазвичай розрізняють?

5. Що таке самовиховання?

КРОК ДРУГИЙ: визначаємось (крок у майбутнє).

Наркотики відомі людям із давніх-давен. Їх вживали представники різних культур, з різною метою: під час релігійних обрядів, для відновлення сил, зміни свідомості, зняття болю і неприємних відчуттів, аби тимчасово втекти від життєвих негараздів до світу ілюзій. Алкоголь у різних напоях і нікотин тютюнового диму – легальні підступні наркотичні речовини. Ще більшої шкоди завдає організму вживання важких наркотиків – героїну, кокаїну, гашишу, різноманітних галюциногенів.

Опрацювавши цей параграф, ви зможете більше зрозуміти й сформулювати власне судження щодо згубної дії алкоголю, наркотичних речовин, тютюнокуріння на здоров'я.

КРОК ТРЕТІЙ: навчаємось.

Тема шкідливих звичок настільки широко обговорюється, що частина підлітків вже звикла до пересторог, вважає її тільки темою виховання, яка сама по собі зникне потім (за принципом «якось то воно буде»). Отже, поговоримо про «радість розслабитися і стати дорослішим» у вигляді пляшки пива з друзями, сигарети за школою чи міцніших наркотиків у компанії.

Алкоголь і підліток. Факти свідчать: в Україні 50 % дітей уперше спробували спиртні напої до 13 років, а в 15 років алкоголь вживали

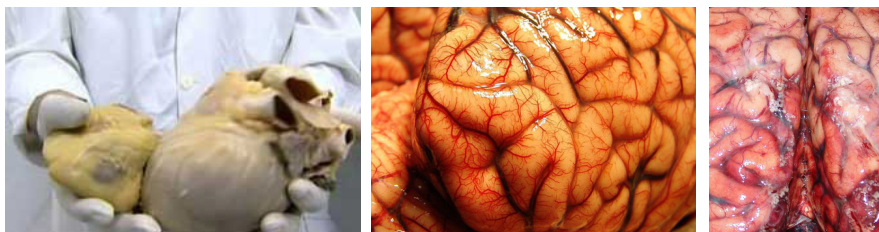
Алкоголь, тютюн і наркотики – три голови одного чудовиська, яке має страшну владу над людьми, особливе дітьми і підлітками.

понад 90 %. Двоє з трьох хлопців гинуть через те, що, напившись, шукають пригод, оскільки алкоголь оманливо підвищує самооцінку й послаблює контроль за власними діями. Ще один тривожний факт – українська молодь завдяки рекламі полюбить пиво та деякі слабоалкогольні напої («Ром-Колу», «Джин-Тонік», «Лонгер» та ін.), які вважає модними й безпечними. Це легкий та приємний спочатку шлях до пастки – споживання міцніших напоїв.



Мал. 114. Споживання пива підлітками небезпечне

Алкоголь – наркотична речовина (арабською *аль кеголь* – одурманюючий), і немає жодної різниці, з якого саме напою починає алкогольний шлях підліток. Це можуть бути пиво, слабоалкогольні напої, коктейлі чи шампанське. Негаразди з печінкою, мозком, нирками, серцем, судинами та інші «букети хвороб» будуть обов’язково, але потім, а підлітку тепер на них звертати увагу ніколи (дітям властиво вважати життя нескінченним).



а)

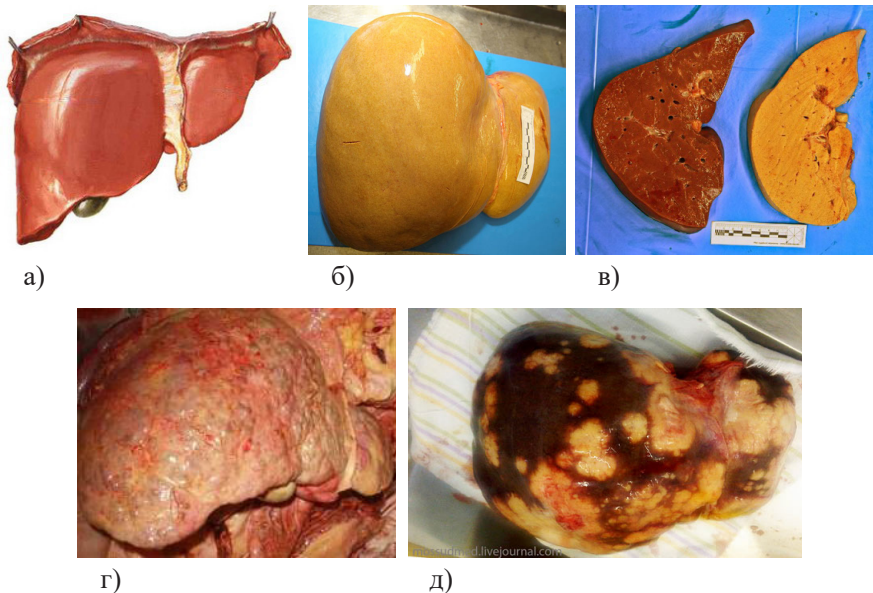
б)

в)

Мал. 115. Вплив алкоголю на організм людини: а) нормальне серце (зліва) і «пивне серце» (справа); б) головний мозок людини в нормі (чітко видно судини, немає сторонніх змін); в) мозок алкоголіка з кров’яними згустками (алкоголь призводить до склеювання еритроцитів крові)

Лікарям відомий руйнівний наслідок надмірного вживання пива – синдром так званого пивного серця, коли серце провисає, стає в'ялим і погано «качає» кров. Незворотних змін зазнають також печінка та мозок алкоголіка (мал. 115).

Найбільше страждає від шкідливої дії алкоголю печінка, яка знезаражує до 95 % усіх отруйних речовин, що потрапляють в організм. Печінка в разі надмірного тривалого вживання спиртних напоїв уражується, перероджується на жирову тканину або повністю руйнується (цироз), виникає рак. (мал. 116).

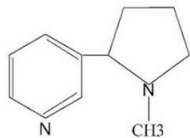


Мал. 116. а – печінка людини в нормі; далі – закономірний результат «задоволення» від спиртних напоїв; б, в – переродження на жирову тканину (печінка стає як шматок жиру); г – цироз печінки; д – рак печінки

Зміни у психіці під дією алкоголю. Якщо зміни внутрішніх органів є порівняно віддаленими в часі, то зміни у психіці підлітка при вживанні алкоголю чи наркотичних речовин виявляються одразу. Навіть одноразове вживання алкоголю чи іншої наркотичної речовини спустошує психіку підлітка, гальмує формування етичних категорій, естетичних

понять, нівелює (спрощує або відмінює) вже розвинені здібності. Підліток, що називається, «тупіє» й інтелектуально, і емоційно, і етично.

Паління і підліток. Починається все з миттєвих наслідків паління – після першого затягування прискорюються серцеві скорочення, підвищується кров'яний тиск, подразнюються тканини гортані й очей. Нікотин, чадний газ та інші шкідливі речовини тютюнового диму потрапляють



NICOTINE

Мал. 117. Нікотин – хімічна речовина наркотичної дії, яка входить до складу листків тютюну і тютюнового диму



у легені, а потім у кров. Паління як модна звичка невблаганно призводить до сумних наслідків – неприємного запаху з рота, пожовтіння зубів, хронічного бронхіту, раку багатьох органів (легень, порожнини рота, стравоходу, шлунка), захворювання серця. Підступність нікотину в

тому, що цей легкий легальний наркотик впливає на *центри задоволення в мозку* й з часом для його досягнення людина потребує більшої дози (мал. 117). Нікотин добре розчиняється у воді та спирті й легко проникає крізь оболонки порожнини рота, носа, бронхів, шлунку. Регулярне потрапляння в кров нікотину спричиняє сильну нікотинову залежність.

Шкідливі звички

Куріння

Вживання алкоголю

Наркоманія

Тютюн приносить шкоду тілу, руйнує розум, отупляє цілі нації.
О. де Бальзак

- ◆ Смертність серед курців на 30-80 % вища
- ◆ Серед хворих на рак – 95 % курців
- ◆ Куріння впливає на статеву функцію
- ◆ Затягуючись цигаркою курець вдихає суміш із 4 000 хімічних сполук

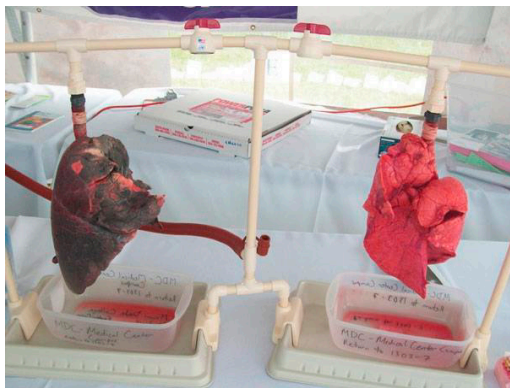
Виникнення наркоманії:

- Результат допитливості, експериментування
- Наслідок прийому знеболюючих, снодійних засобів

Поширенню сприяє:

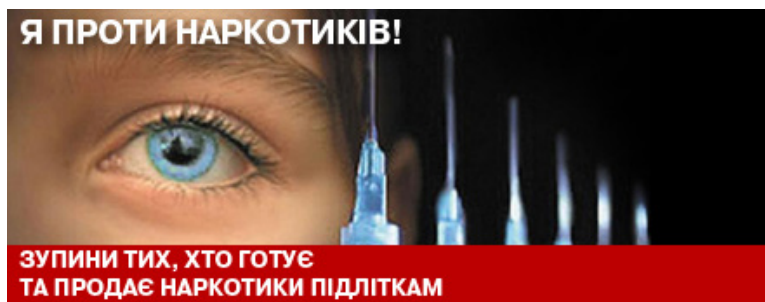
- Нездорове мікросоціальне середовище
- Відсутність інтелектуальних і соціально-позитивних настанов

Мал. 118. Шкідливі звички. Тютюн приносить шкоду



Мал. 119. Легені курця зі стажем і нормальні. Палити легше, ніж узятися за своє здоров'я. Кинь курити сьгодні!

Підлітки і наркотики. Підлітки вживають наркотики у шість разів частіше, ніж люди інших вікових груп.



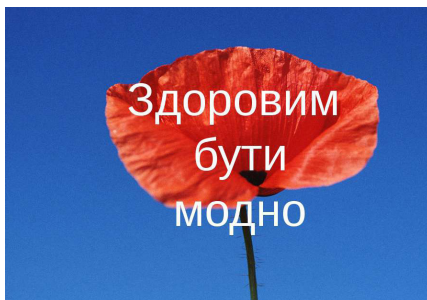
Мал. 120. Розширена зіниця ока – показник, що дитина вживає наркотики

Опіати (морфін, кодеїн, героїн, метадон) – наркотичні речовини, вироблені з опію (молочного соку опійного маку). Вони знижують збудливість центрів болю, тому їх використовують у протишоковій терапії в разі травм. Вживання спричиняє яскраво виражену ейфорію, тіло стає начебто невагомим, зникають просторові межі. Ціна цих відчуттів висока – середня тривалість життя таких наркоманів становить чотири – п'ять років після першої проби. Наркоманія є джерелом поширення ВІЛ-інфекції: 70 % ін'єкційних наркоманів належать до носіїв вірусів СНІДу.

Не меншої шкоди, ніж опіати, завдає організму вживання інших наркотиків – *кокаїну, гашишу*, різноманітних галюциногенів і стимуляторів тощо. Особливо небезпечні *синтетичні наркотичні засоби*, дія яких набагато сильніша і непередбачувана порівняно з природними й напівсинтетичними аналогами. Так звані вуличні наркотики зазвичай виробляють у нелегальних лабораторіях, змішують з іншими токсичними речовинами, аби збільшити потужність наркотичного впливу і пришвидшити виникнення залежності.

Бути здоровим не тільки модно, а й економічно вигідно.

Усі молоді люди бажають бути успішними, а для цього потрібне здоров'я. Жоден лікар, жодна державна програма не зроблять вас здоровими. Здоровими стати можемо тільки ми самі. Нині в усьому світі дедалі більшого поширення набуває рух за здоровий спосіб життя, поширюється мода на здоров'я.



Мал. 121. Здоровим бути модно

Отже, сьогодні є всі підстави стверджувати, – сучасні українські підлітки дбають про своє здоров'я. Вони, насправді, значно розумніші, ніж старше покоління.

Опорні точки (висновки).

- Алкоголь – наркотична речовина, яка справляє руйнівний вплив на всі системи органів людини, спричиняє зміну психіки й гальмує фізичне та духовне зростання людини.
- Нікотин – хімічна речовина наркотичної дії, яка входить до складу листків тютюну й тютюнового диму відповідно. Добре розчиняється у воді та спирті й легко проникає крізь оболонки

порожнини рота, носа, бронхів, шлунку, потрапляє в кров і призводить до сильної ніотинової залежності.

- Наркотик – хімічний агент, що викликає загальмованість, фізичну й психічну залежність. Впливає на нервові центри головного мозку та руйнує особистість.
- Усі молоді люди бажають бути успішними, а для цього потрібне здоров'я. Здоровими зробити себе можемо тільки ми самі.

КРОК ЧЕТВЕРТИЙ: відтворюємо.

1. Чим небезпечно вживання алкоголю в підлітковому віці?
2. Чому необхідно сказати «ні» навіть напоям із невеликим вмістом алкоголю?
3. У чому полягає шкода паління?
4. Чому в підлітків швидко виникає залежність до наркотичних речовин?
5. Чому бути здоровим у сучасному суспільстві є синонімом бути успішним?

КРОК П'ЯТИЙ: застосовуємо.

1. Проаналізуйте наслідки вживання алкоголю для всіх систем органів людини. Зробіть відповідний висновок.
2. У курців часто розвивається виразка шлунку. Як це можна пояснити?
3. Користуючись статистичними даними, доведіть, що наркотики шкодять не тільки самій людині, а і її потомству.

КРОК ШОСТИЙ: пропонуємо, формулюємо гіпотези та шляхи їх розв'язання.

1. Чи знайоме вам поняття «відповідальна відмова»?
2. Виконайте інтерактивну вправу й навчить цього інших :
Свідомо відмовляючись від алкоголю, тютюну та наркотиків, ви маєте чітко відповісти на три запитання:
 1. Чому я кажу «ні!»?
 2. Що я ніколи не зроблю?
 3. Мені це не потрібно тому, що планую _____, бажаю для себе _____, не можу не поважати думку _____, хочу прожити життя _____.

ТЕМА 3. СПАДКОВІСТЬ І МІНЛИВІСТЬ

§ 22. ГЕНЕТИКА ЯК НАУКА: ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ, МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Терміни та поняття: генетика, спадковість, мінливість, ген, геном, генотип, локус, гени домінантні та рецесивні, генотип, фен, фенотип.

КРОК ПЕРШИЙ: пригадуємо.

1. Яка будова і функції ядра клітини?
2. Які ядерні структури містять спадкову інформацію?
3. Як відбувається передача спадкової інформації під час поділу клітини?
4. Який процес забезпечує збереження спадкової інформації?
5. Який процес забезпечує реалізацію спадкової інформації?
6. Що таке ген?

КРОК ДРУГИЙ: визначаємось (крок у майбутнє).

Коли запитують: «Чому дитина схожа на своїх батьків як зовнішністю, так і характером?», зазвичай відповідають – «Генетика спрацювала». За передачу ознак дітям від батьків в організмі відповідає унікальна речовина – дезоксирибонуклеїнова кислота (ДНК), яку зберігають гени хромосом. У такий спосіб від покоління до покоління генами передається інформація про всю різноманітність ознак зовнішньої та внутрішньої будови організму, перебіг біохімічних реакцій. Але у потомків з'являються й нові ознаки, які відрізняють їх від батьків і один від одного.

Починаючи з цього параграфу ми занурюємось у світ генетики – науки, яка вивчає проблеми збереження, передачі, реалізації та змін спадкової інформації. На основі її досягнень сформувалися методи запобігання спадковим патологіям і їх подолання, управління властивостями організму.

КРОК ТРЕТІЙ: навчаємось.

Генетика як наука про спадковість і мінливість

Вивчаючи біологію ви усвідомили, що всім живим організмам притаманні фундаментальні риси, які принципово різняться її від неживої природи, – самовідтворення, самооновлення і саморегуляція.

Механізми процесів самовідтворення та самооновлення від покоління до покоління зберігає і реалізовує *спадковість*.

Завдяки спадковості потомки подібні до батьків, тобто зберігається стабільність біологічних видів.

Спадковість – здатність організмів передавати наступному поколінню свої ознаки і властивості, тобто здатність відтворювати собі подібних.

Мінливість – здатність організмів набувати нових ознак і їхніх станів у процесі індивідуального (онтогенезу) та історичного (філогенезу) розвитку виду.

Мінливість забезпечує появу нових ознак, завдяки чому утворюються нові види і відбувається історичний розвиток біосфери в цілому.

Таким чином, спадковість і мінливість є найважливішими факторами еволюції всього живого на Землі

Наука про закономірності спадковості й мінливості живих організмів називається *генетикою* (від грецького *geneticos* – походження). Історія розвитку цієї науки тісно пов’язана з дослідженнями в галузі цитології, біохімії, ензимології (науки про ферменти), мікробіології та інших наук.

ДИЗНАЙТЕСЯ БІЛЬШЕ

Історію виникнення та становлення генетики умовно поділяють на три періоди: період «класичної генетики», період ДНК, геномний період. Основними подіями періоду «класичної генетики» стали відкриття законів успадкування ознак Г. Менделем, їх перевідкриття Г. де Фрізом, К. Корренсом, Е. Чермаком, створення хромосомної теорії спадковості Т. Морганом. У цей же період і виник термін «генетика», який запропонував У. Бетсон у 1906 році.



Грегор Йоганн Мендель
(1822–1884)



Томас Гент Морган
(1866–1945)



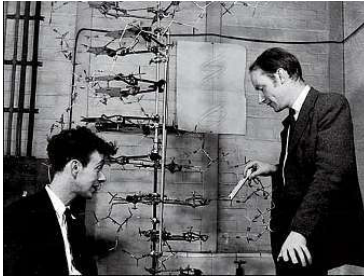
Карл Еріх Корренс
(1864–1933)



Еріх Чермак
(1871–1962)

Мал. 121. Вчені, засновники класичної генетики

Період ДНК в генетиці ознаменувався відкриттями просторової структури ДНК Дж. Уотсоном та Ф. Кріком, розшифруванням генетичного коду та визначенням його властивостей М. Ніренбергом, Р. Холлі, Г. Кораною.



Мал. 122. Дж. Уотсон та Ф. Крік



Р. Холлі

Г. Корана

М. Ніренберг

Мал. 123. Р. Холлі, Г. Корана, М. Ніренберг

Сучасний період розвитку генетики – геномний. Відкриттями в генетичній науці стали: встановлення послідовності генів в молекулах ДНК деяких видів бактерій, дріжджів, людини. Тривають дослідження в межах наукового проєкту «Геном людини» метою якого є встановлення місцезнаходження спадкових захворювань людини, дослідження механізмів виникнення раку.

Внесок у розвиток генетики протягом ХХ ст. зробили й українські вчені: С. Гершензон, Г. Бердишев, Л. Делоне, Є. Фінкельштейн, Ю. Глеба та ін. Їх роботу в наш продовжують вчені Інституту клітинної біології та генетичної інженерії НАН України, Інституту фізіології рослин та генетики НАН України, кафедр генетики провідних університетів.

Науки, які вивчають закономірності спадковості і мінливості організмів. На сучасному етапі генетика є системою наук, в якій сформувалася низка самостійних галузей. Залежно від об'єкта дослідження виділяють: генетику рослин, генетику тварин, генетику мікроорганізмів, генетику людини і т. д., а в залежності від використуваних методів інших наук: біохімічну генетику, молекулярну генетику, екологічну генетику, психологічну генетику, космічну генетику та інші.

Генетика рослин вивчає особливості онтогенезу рослин та гени, що забезпечують нормальне формування і функціонування тканин і органів рослин. *Генетика тварин* – особливості успадкування ознак у різних систематичних груп тварин та способи їх регулювання людиною. *Генетика мікроорганізмів* досліджує спадковий матеріал бактерій, вірусів, одноклітинних грибів, тварин і рослин та інших мікроорганізмів.

Генетику людини умовно поділяють на антропогенетику (вивчає спадковість і мінливість ознак нормального людського організму) і медичну генетику (вивчає особливості прояву нормальних і патологічних ознак, спадкові хвороби, їх профілактику і лікування).

Молекулярна генетика вивчає структури, що зберігають та формують генетичну інформацію на субклітинному й молекулярному рівнях та їх функціональні властивості. В основі цієї науки лежить концепція генетичного коду, який первинно зумовлює такі ознаки живої матерії, як спадковість і мінливість.

Генетика популяцій або *популяційна генетика* – розділ генетики, який вивчає генетичну структуру природних популяцій, а також генетичні процеси, які в них відбуваються. Вона має важливе значення для розвитку еволюційної теорії, екології, екосистемології, оскільки популяція є одиницею де відбуваються головні еволюційні процеси.

Екологічна генетика досліджує взаємовплив генетичних процесів і екологічних взаємовідносин. *Психогенетика* вивчає відносну роль факторів спадковості і середовища у формуванні індивідуально-психічних відмінностей людини, в тому числі і розумових здібностей.

Основні поняття генетики

Ген – ділянка молекули ДНК, що відповідає за розвиток певної ознаки. Ген кодує первинну структуру молекули білка та є одиницею спадковості, що визначає ознаку. Реалізація ознаки в організмі відбувається за схемою: ген → білок → ознака. Гени розташовуються в хромосомах у визначених ділянках – *локусах*.

У соматичних клітинах міститься диплоїдний (подвійний) набір хромосом ($2n$), коли хромосоми існують у вигляді пар – гомологічних хромосом. В гомологічних хромосомах в однакових локусах знахо-

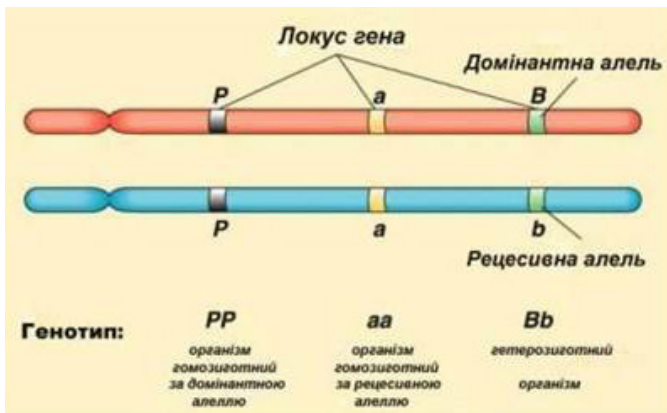
дяться парні гени (*алелі*), які визначають альтернативний (взаємовиключний, протилежний) прояв певної ознаки (наприклад, колір очей визначає алель блакитного або алель карого кольору; колір волосся – алель світлого або темного кольору, мочка вуха – вільна чи приросла,

Алельні гени, алелі – різні форми одного й того ж гена, розташовані в однакових ділянках (локусах) гомологічних хромосом і визначають альтернативні (протилежні) варіанти розвитку однієї і тої ж ознаки.

присутність «ямочок» на щоках та ін.).

Алелі гена можуть бути *домінантними* чи *рецесивними*.

Мал. 121

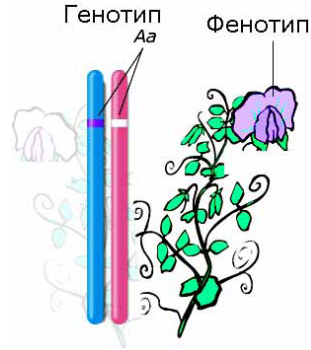


Мал. 124. Розміщення алелей гена в гомологічних хромосомах

Домінування – це явище пригнічення прояву одного алеля іншим. *Домінантна ознака* – результат присутності доміантного алеля (*гена*), який в присутності іншого (рецесивного) завжди переважає й проявляється у вигляді ознаки, яку кодує. Домінантні гени позначаються великими літерами (*A, B, C*). *Рецесивна ознака* – алель (*ген*) та, що пригнічується, проявляється тільки за наявності двох генів в зиготі (*aa*). Рецесивний ген позначається малою літерою (*a, b, c*). Наприклад, можливі три варіанти генотипів щодо поєднання доміантних та рецесивних алелів одного гена: *AA, Aa, aa*. В організмі з диплоїдним набором хромосом може бути лише два алелі одного гена – доміантний і рецесивний.



Мал. 125. Прояви домінантної ознаки – довгі вії (AA, Aa), рецесивної – короткі (aa)



Мал. 126. Генотип (Aa) та фенотип (колір)

Гомозигота – зигота (організм), що має однакові алелі одного гена (AA, aa). *Гетерозигота* – зигота (організм), що має різні алелі одного гена (Aa), тобто має альтернативні ознаки.

Генотип – сукупність усіх генів організму, які є його спадковою основою. Свій генотип кожна людина одержує у момент зачаття і зберігає незмінним протягом усього життя.

Фенотип – сукупність ознак і властивостей організму, які реалізуються в процесі індивідуального розвитку і є результатом взаємодії генотипу із факторами зовнішнього і внутрішнього середовища.

Поняття «генотип» не тотожне поняттю «геном». *Геном* – сукупність генів гаплоїдного набору хромосом організмів певного виду.

Методи генетичних досліджень.

Гібридологічний метод, застосований Г. Менделем, полягає в схрещуванні (гібридизації) організмів, які відрізняються за певними станами однієї чи кількох спадкових ознак. Потомків від такого схрещування називають *гібридами*. Гібридизація лежить в основі гібридологічного аналізу – дослідження характеру успадкування станів ознак за допомогою системи схрещувань.

Клініко-генеалогічний метод полягає у вивченні родоводів організмів. Це дає змогу простежити характер успадкування різних станів певних ознак у ряді поколінь. Він широко застосовується в медичній

генетиці, селекції тощо. За його допомогою встановлюють генотип особин і вираховують ймовірність прояву того чи іншого стану ознаки у майбутніх нащадків.

Популяційно-статистичний метод дозволяє вивчати частоту прояву алелей (*AA, Aa, aa*) в популяціях організмів, а також генетичну структуру популяцій. Цей метод також застосовують й у медичній генетиці для вивчення поширення певних алелей серед населення (головним чином тих алелей, які визначають певні спадкові захворювання).

Цитогенетичний метод ґрунтується на дослідженні особливостей хромосомного набору (*каріотипу*) організмів. Вивчення каріотипу дає змогу виявляти мутації, пов'язані зі зміною як кількості, так і структури хромосом.

Біохімічні методи діагностують спадкові захворювання, пов'язані із порушенням обміну речовин. Зокрема, виявляють білки, а також проміжні продукти обміну, які не властиві організмові, що може свідчити про появу змінених (мутантних) генів.

Близнюковий метод вивчає однойцевих близнят (організми-клони), які походять з однієї зиготи і мають однакові генотипи. У такий спосіб з'ясовують вплив чинників довкілля на формування і прояв ознак фенотипу особин.

Метод дерматогліфіки ґрунтується на вивченні рельєфу шкіри на кінчиках пальців, долонях і підошві людини (ці ознаки генетично індивідуальні для кожної людини).

Молекулярно-генетичні методи досліджень охоплюють різні методи, серед яких : метод культивування соматичних клітин, методи генної інженерії, метод клонування ДНК, метод гібридизації нуклеїнових кислот.

Метод культивування нестатевих (соматичних) клітин людини поза організмом дозволяє розв'язувати питання генетики людини на клітинному рівні. Метод передбачає вирощування на штучних поживних середовищах клітин з різних органів і тканин (крові, шкіри, червоного кісткового мозку). Отримані клітини досліджують. Зокрема, визначають місце певних генів у тих чи інших хромосомах.

За допомогою методів *генної інженерії* виділяють окремі гени з хромосом одних організмів (або синтезують їх штучно), і вводять їх у генотип іншої клітини / організму. Використовуючи методи генної інженерії можна об'єднувати в одній особині спадкові ознаки, притаманні кільком видам. Організми, отримані в такий спосіб, називають трансгенними, або генетично модифікованими (скорочено – ГМО).

З метою визначення ступеня спорідненості організмів застосовують *метод гібридизації нуклеїнових кислот* Метод ґрунтується на здатності молекул ДНК до денатурації (розпаду подвійної спіралі) та подальшій ренатурації (гібридизації) молекул. Якщо у розчині, де містяться зразки двох ДНК з різних організмів, викликати їх денатурацію, а потім ренатурацію, то за принципом комплементарності утворюються дволанцюгові гібридні ДНК. Ці ДНК містять як спіралізовані, так і неспіралізовані ділянки. Чим більше спіралізованих ділянок, тим більше спорідненості між організмами (більше комплементарних пар нуклеотидів). Методом гібридизації нуклеїнових кислот визначають ідентичність ДНК органів та тканин організмів, що важливо під час підбору донорів для операцій з трансплантації.

Для вивчення спадковості людини на молекулярному рівні застосовуються найсучасніші методи генетичних досліджень: секвенування, полімеразна ланцюгова реакція, використання генетичних маркерів.

Секвенування (від лат. *sequentur* – послідовність) – група методів для встановлення послідовності нуклеотидів в молекулі ДНК.

Полімеразна ланцюгова реакція (ПЛР або PCR) – експериментальний метод збільшення малих концентрацій бажаних фрагментів ДНК в біологічному матеріалі (пробі). В основі методу лежить процес реплікації, комплементарної добудови ДНК на матриці материнської ДНК. Крім простого збільшення числа копій ДНК (цей процес називається ампліфікацією), ПЛР дозволяє проводити ідентифікацію малих кількостей ДНК, *встановлювати батьківство*, проаналізувати ДНК, якій кілька тисяч років. Методи ПЛР були успішно використані для аналізу ДНК решток мамонта віком у 40 тис. років та людської ДНК з стародавніх гробниць єгипетських мумій. Вірусні захворювання також

можуть бути ідентифіковані за допомогою ПЛР. Лікарі можуть використовувати методи кількісної оцінки ДНК для визначення кількості вірусів («вірусного вантажу») в організмі пацієнтів.

Генетичний маркер (генетична мітка). В ролі маркера може виступати будь яка ділянка ДНК, яка пов'язана з досліджуванним геном. Генетичним маркером також може бути ген з відомою локалізацією (локусом) та визначаючий незмінну ознаку, яка добре проявляється у поколіннях. Генетичні маркери застосовують для визначення локалізації генів у хромосомах і складання генних карт.

Отже, представлені методи генетичних досліджень уможливають вивчення спадковості та мінливості на всіх рівнях організації біологічних систем.

Опорні точки (висновки).

- Спадковість – фундаментальна властивість організмів зберігати спадкові ознаки й передавати їх нащадкам у процесі розмноження.
- Мінливість – здатність організмів набувати нових ознак і їхніх станів у процесі індивідуального (онтогенезу) та історичного (філогенезу) розвитку виду.
- Генетика – наука, яка вивчає закономірності спадковості й мінливості живих організмів.
- Наслідком різноманітності об'єктів та методів досліджень в генетиці стало виникнення багатьох її галузей: в залежності від об'єкта дослідження виділяють генетику рослин, генетику тварин, генетику мікроорганізмів, генетику людини, а в залежності від використовуваних методів інших наук – біохімічну генетику, молекулярну генетику, екологічну генетику, психологічну генетику, космічну генетику та інші.
- Основними поняттями генетики є: ген, алель, геном, локус, гени домінантні та рецесивні, генотип, фен, фенотип, гомозигота, гетерозигота.
- В генетиці використовують різноманітні методи генетичних досліджень, які дозволяють вивчати спадковість та мінливість на всіх рівнях організації біологічних систем.

КРОК ЧЕТВЕРТИЙ: відтворюємо.

1. Що вивчає генетика?
2. Які галузі виділяють в генетичній науці? Наведіть відповідні приклади.
3. Дайте визначення основним генетичним поняттям.
4. Наведіть приклади позначення символами домінантного та рецесивного генів, гомозиготи та гетерозиготи.
5. Яка ознака буде проявлятися у організмів з генотипом: AA , aa , Aa ?
6. Назвіть методи генетичних досліджень.
7. Які методи застосовуються для дослідження спадковості людини?

КРОК П'ЯТИЙ: застосовуємо.

1. У яких сферах людської діяльності можна використовувати методи генетичних досліджень, або їх результати?
2. Поясніть різницю між поняттями генотип і геном.
3. У кролів гладенька шерсть домінує над пухнастою. Запишіть за допомогою символів генотипи гладеньких та пухнастих тварин.
4. Карий колір очей визначається домінантним геном. Визначити фенотиповий прояв ознаки у людей з таким генотипом AA , Aa , aa .
5. Якщо обидві алелі повністю проявляються у фенотипі то це....? Наведіть відповідні приклади.

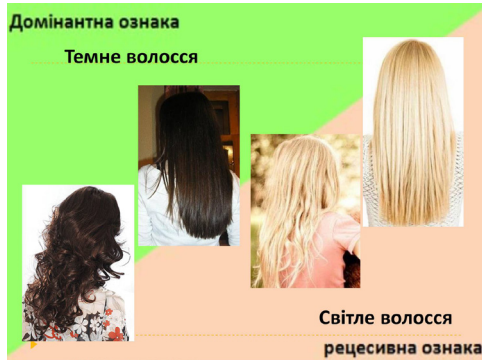
КРОК ШОСТИЙ: пропонуємо, формулюємо гіпотези та шляхи їх розв'язання.

1. Які з методів генетичних досліджень використовуються для вивчення спадковості і мінливості всіх живих організмів, а які тільки для рослин, тварин, людини? Чому?
2. Якщо у гороху домінує червоний колір квітки, то який генотип має рослина з фотографії?



А які генотипи мають рослини з червоними квітками?

3. Визначте генотипи людей, користуючись даними зображеннями.



4. Запропонуйте методи для визначення спадкових хвороб людини. Відповідь обґрунтуйте.

КРОК до ЗНО.

1. Виберіть правильне визначення генотипу:
 - а) властивість організму набувати нових ознак в процесі онтогенезу;
 - б) сукупність всіх ознак і властивостей організму; в) сукупність усіх спадкових ознак – генів організму, отриманих від батьків;
 - г) властивість передавати ознаки нащадкам.
2. Гомологічними є хромосоми:
 - а) однакові за формою; б) різні за формою; в) з різним набором генів; г) з однаковим набором генів
3. Якій набір хромосом визначає соматичну клітину;
 - а) гаплоїдний; б) диплоїдний; в) триплоїдний ; г) поліплоїдний
4. Місце розташування певного гена в хромосомі:
 - а) локус; б) інтрон; в) екзон; г) домінантний алель.
5. Наука, що вивчає закони спадковості та мінливості:
 - а) генетика; б) біохімія; в) цитологія; г) гістологія.
6. Сукупність генів гаплоїдного набору хромосом організмів певного виду:
 - а) фен; б) генотип; в) геном; г) фенотип.

7. Алель, що пригнічує дію іншого алеля:
 - а) рецесивний алель; б) інтрон; в) екзон; г) домінантний алель.
8. Функціонально неподільна одиниця матеріалу спадковості:
 - а) алель; б) термінатор; в) екзон; г) ген.
9. Алельними називають гени, які...
 - а) займають різні локуси в гомологічних хромосомах;
 - б) займають різні локуси в негомологічних хромосомах;
 - в) займають однакові локуси в негомологічних хромосомах;
 - г) займають однакові локуси в гомологічних хромосомах.
10. Вкажіть назву ознаки, яка проявляється в генотипі гетерозигот:
 - а) рецесивна; б) гетерозиготна; в) зникаюча; г) домінантна.
11. Скільки алельних генів, що визначають одну ознаку, наявні у соматичній клітині:
 - а) один; б) два; в) три; г) чотири.

Наука – практиці.

Поширення і використання генетично модифікованих організмів (ГМО) – вірусів, бактерій, дріжджів, грибів, рослин та тварин – реальність сучасної світової науки. Це процес необоротний. Вчені покладають надію на ГМ-рослини, оскільки вони допомагають розв'язати проблему білка їжі на планеті без залучення нових площ під сільськогосподарські культури, їх вирощування менше забруднює довкілля пестицидами і є значно дешевшим.

ГМ рослини створюють певний ризик, але пряма небезпека їх для здоров'я людини та тварин науково не доведена. Явну небезпеку для збереження біорізноманіття і здоров'я людини складають кислотні опади, знищення озонового екрану, радіонукліди, пестициди, важкі метали, нітрати, нітрозаміни, мікотоксини, штучні консерванти, різноманітні синтетичні харчові домішки та інші небезпечні для живого речовини.

Отже, ідея ГМО «працює» на користь стратегії виживання людства в умовах стрімкого росту населення і виснаження біоресурсів. Принципова полеміка навколо ГМО корисна, оскільки спонукає генних інженерів постійно поліпшувати конструкції, посилювати контроль за наслідками.

§ 23. ГІБРИДОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ: ОСНОВНІ ТИПИ СХРЕЩУВАНЬ ТА ЇХНІ НАСЛІДКИ



Терміни та поняття: гібридологічний аналіз, моногібридне, дигібридне схрещування, аналізуюче схрещування, закони Менделя, розщеплення ознак, генетичні схеми схрещувань.

КРОК ПЕРШИЙ: пригадуємо.

1. Які завдання розв'язує сучасна генетика?
2. Як ви гадаєте, чи будуть точними копіями батьків потомки, які з'явилися внаслідок статевого розмноження? Поясніть.
3. Чи можна отримати організми з задалегідь «запланованими» ознаками? Що для цього потрібно?
4. Чому деякі ознаки можуть проявлятися не в кожному поколінні, а через кілька поколінь?
5. Який внесок у розвиток генетики здійснив Г. Мендель?
6. Який об'єкт і чому був обраний Г. Менделем для дослідів?

КРОК ДРУГИЙ: визначаємось (крок у майбутнє).

Спроби пояснити природу успадкування ознак дітьми від батьків актуальні ще з часів Гіппократа та Аристотеля. Протягом багатьох століть природодослідники намагалися встановити, з якими саме структурами пов'язані поява і розвиток тих чи інших ознак організму. Відкриття кількісних закономірностей успадкування ознак при статевому розмноженні на основі аналізу результатів схрещувань (гібридизації) належить чеському науковцю Г. Менделю. Досліди, проведені та проаналізовані ним протягом 1856-1863 років, лягли в основу сучасної генетики. В сучасній селекції рослин і тварин, вивченні генетичних особливостей людини науковці звертаються до гібридологічного аналізу, запропонованого Г. Менделем. Ознайомимось з ним і ми.

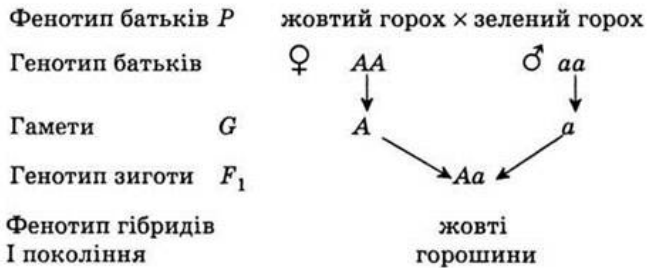
КРОК ТРЕТІЙ: навчасьмося.

Гібридологічний аналіз – метод вивчення характеру успадковування властивостей і ознак при статевому розмноженні, який ґрунтується на аналізі результатів схрещувань (гібридизації) в ряді поколінь. Запропонований Г. Менделем.

З попереднього матеріалу по-сібника ви дізнались про різноманітність методів генетичних досліджень, серед яких: гібридологічний, клініко-генеалогічний, біохімічний, цитогенетичний, популяційно-ста-

тистичний. Гібридологічний метод (гібридологічний аналіз) був і залишається провідним в генетиці.

Основні закономірності успадкування ознак були відкриті чеським дослідником Г. Менделем, який першим розробив і застосував метод отримання гібридів шляхом цілеспрямованого підбору батьківських пар, їх схрещування та аналізу ознак цих гібридів. Г. Мендель запропонував алгебраїчні та латинські символи для позначення генетичних схем схрещувань, які застосовуються в сучасній генетиці, а саме: Батьки позначаються літерою *P* (лат. *parentes* – батько), схрещування – знаком множення «х», жіноча стать – символом ♀ (дзеркало Венери), чоловіча – ♂ (щит і спис Марса), доміантний алель – великою літерою латинського алфавіту, рецесивний алель того самого гена – такою ж літерою, але маленькою, гібридне покоління – через *F* (лат. *filii* – діти) з цифровим індексом, який вказує на порядковий номер: *F*₁ – перше покоління, *F*₂ – друге і т.д. У першому рядку схеми записують генотипи батьків (на перше місце переважно ставлять жіночий організм, на друге – чоловічий), у другому – типи гамет, які вони утворюють, у третьому – всі можливі генотипи дітей.



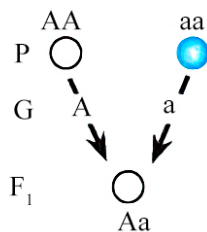
Мал. 127. Приклад запису генетичної схеми схрещувань

Гібридологічний аналіз вимагає дотримання наступних умов: батьківські форми мають належати до одного виду і розмножуватися статевим шляхом; бути чистими лініями (гомозиготними за досліджуваним генами); відрізнятися фенотипово за досліджуваними ознаками. З метою здійснення гібридологічного аналізу батьківські форми схрещуються один раз, потім гібриди першого покоління самозапильються або їх схрещують між собою для отримання гібридів другого покоління. У першому і другому поколіннях гібридів проводять чіткий кількісний облік особин, що мають досліджувану ознаку.

За умов дотримання усіх зазначених вимог, гібридологічний аналіз дозволяє: встановити кількість генів, що контролюють досліджувані ознаки; визначити наявність і тип взаємодії генів; встановити зчеплення генів; визначити відстань між зчепленими генами; встановити зчеплене з статтю або обмежене статтю успадкування.

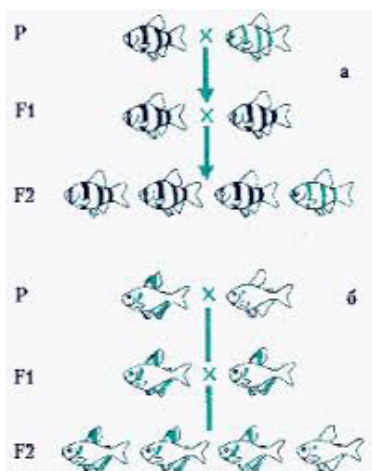
Гібридологічний аналіз передбачає схрещування осіб, які різняться по одній, двом або декільком парам альтернативних ознак. Такі схрещування відповідно називаються моно-, ди- та полігібридним. Моногібридне схрещування – це гібридизація батьківських форм, які відрізняються різними варіантами лише однієї досліджуваної спадкової ознаки (наприклад, забарвленням віночка квітки); дигібридне – двох (колір насіння та його форма), полігібридне – трьох і більше ознак.

Закономірності моногібридного схрещування. Г. Мендель відкрив на горосі, причому, вихідні батьківські особини у досліді були гомозиготними, а отримані нащадки – гетерозиготними. Гетерозиготний організм, який утворюється при цьому, називається гібридом, а потомство – гібридним. Багаторазове повторення схрещування організмів гомозиготних за домінантною ознакою з гомозиготними за рецесивною ознакою дало змогу виявити закономірність успадкування ознак і сформулювати закон домінування (*одноманітності гібридів першого покоління*), або **перший закон Менделя**. Отже: при схрещуванні гомозиготних батьківських форм, які відрізняються за станом однієї ознаки гібриди першого покоління будуть одноманітними за фенотипом і генотипом. Фенотипово у всіх гібридів проявляється тільки домінантна ознака. Генотипово всі гібриди першого покоління будуть гетерозиготами.



Мал. 128. Одноманітність гібридів першого покоління:
 AA – червоний колір віночка квітки, aa – білий колір віночка квітки,
 Aa – генотип гібридів першого покоління

При схрещуванні гібридів першого покоління між собою ($Aa \times Aa$) спостерігається закономірність розщеплення ознак, яка отримала назву **другого закону Менделя**, або **закону розщеплення**. Відповідно до нього при схрещуванні гетерозиготних батьків у потомстві спостерігається розщеплення ознак у співвідношенні $3 : 1$ за фенотипом і $1 : 2 : 1$ за генотипом. Мал. 129



♀ \ ♂	A	a
A	AA	Aa
a	Aa	aa

Мал. 129. Розщеплення ознак при схрещуванні гетерозигот:
 а) успадкування строкатості на тілі барбусів; б) успадкування забарвлення плавців у барбусів, в) запис схрещування за допомогою решітки Пеннета

Аналіз гібридів другого покоління (F_2) на мал. 129 свідчить:

1) за фенотипом у 75% проявляється домінантна ознака, у 25% – рецесивна (3 : 1);

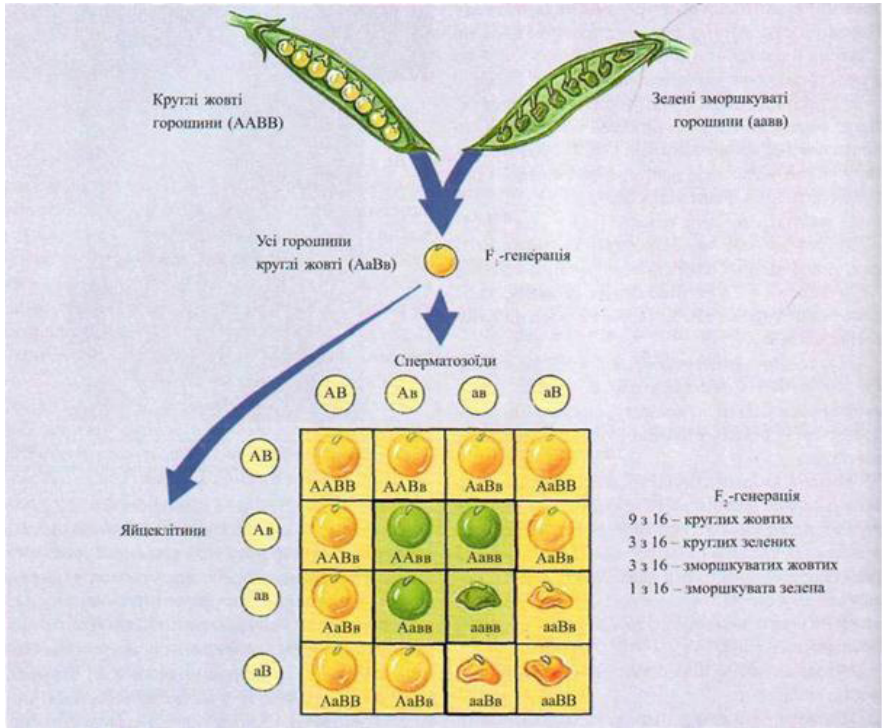
2) за генотипом 25 % особин – домінантні гомозиготи (AA), 50% – гетерозиготи (Aa), 25% – рецесивні гомозиготи (aa), тобто 1 : 2 : 1;

3) при схрещуванні двох гетерозигот (Aa), у кожній із яких утворюється два типи гамет (50% з домінантним алелем – A , 50% – з рецесивним – a), можливі чотири генотипи: AA , Aa , Aa , aa .

Спираючись на другий закон Менделя, англійський генетик У. Бетсон у 1902 р. сформулював **закон чистоти гамет**: «кожна із статевих клітин гібридів є чистою щодо однієї з батьківських ознак», тобто містить лише один із алелів даного гена.

З метою підтвердження встановлених закономірностей спадковості Г. Мендель запропонував *аналізуюче схрещування*. Це схрещування особини невідомого генотипу з особиною, гомозиготною за рецесивним алелем. Гомозиготна особина завжди утворює один тип гамет, і за потомством F_1 можна судити про кількість типів гамет досліджуваного генотипу.

Схрещування, за якого батьківський організм відрізняється двома парами альтернативних ознак називається *дигібридним*. Вивчаючи розщеплення в разі дигібридного схрещування, Г. Мендель звернув увагу, що під час схрещування рослин з жовтими гладеньким ($AABB$) і зеленим зморшкуватим ($aabb$) насінням у другому поколінні з'являються нові комбінації ознак: жовте зморшкувате (A_bb) і зелене гладеньке ($aaB_$), яких не було у вихідних форм. Із цього спостереження Г. Мендель зробив висновок, що розщеплення за кожною ознакою (за кожною парою алелів) відбувається незалежно від другої ознаки (другої пари алелів). Отже, форма насіння успадковувалась незалежно від його забарвлення. Ця закономірність дістала назву **третього закону Менделя**. Відповідно до цього закону : при схрещуванні гомозиготних особин, які відрізняються за двома ознаками, у другому поколінні (F_2) спостерігається незалежне успадкування і комбінування станів ознак, якщо гени, які їх визначають, розташовані у різних парах хромосом. Комбінації генів визначають чотири фенотипові групи в співвідношенні 9:3:3:1 (мал. 130).



Мал. 130. Закономірності розщеплення при дигібридному схрещуванні

Цитологічною основою цього закону є мейоз. У мейозі негомологічні хромосоми розходяться незалежно і можуть комбінуватися в будь-яких поєднаннях. Гібриди першого покоління в мейозі утворюють яйцеклітини 4-х типів і стільки ж типів спермійів. При випадковому поєднанні цих гамет можливе утворення 16 типів зигот (4 x 4), які можна визначити за решіткою Р.Пеннета. Ці типи зигот дають 4 фенотипових класи у співвідношенні 9:3:3:1 і 9 генотипових класів у співвідношенні 1:2:2:4:1:2:1:2:1. Підрахунок розщеплення в другому поколінні за кожною парою ознак показує, що воно в обидвох випадках дорівнює 12:4, тобто 3:1, як при моногібридному схрещуванні.

Застосовуючи закони Г. Менделя, можна передбачити розщеплення ознак і для більш складних схрещувань - три-, тетрагібридного і т.д.

В основі завжди лежатиме закономірність розщеплення ознак при моногібридному схрещуванні. Загальні формули гаметоутворення і розщеплення: n – кількість ознак, що аналізуються, $2n$ – кількість типів гамет; $4n$ – кількість комбінацій гамет при утворенні другого покоління; $(3:1)n$ – розщеплення за фенотипом у другому поколінні; $(1:2:1)n$ – розщеплення за генотипом у другому поколінні.

Таким чином, гібридологічний аналіз дозволяє розв’язувати теоретичні та практичні завдання сучасної генетики: дослідження закономірностей спадкування ознак та пошук шляхів їх практичного застосування в різних галузях людської діяльності.

Опорні точки (висновки).

- Гібридологічний аналіз – метод вивчення характеру успадкування властивостей і ознак при статевому розмноженні, який ґрунтується на аналізі результатів схрещувань (гібридизації) в ряді поколінь.
- Основні закономірності спадковості були відкриті Г. Менделем, який вперше застосував метод отримання гібридів, шляхом цілеспрямованого підбору батьківських пар та їх схрещування й наступного аналізу цих гібридів.
- Г. Мендель запропонував алгебраїчні символи для позначення генетичних схем схрещувань, які застосовуються і в сучасній генетиці.
- Гібридологічний аналіз вимагає дотримання наступних умов: батьківські форми мають належати до одного виду і розмножуватися статевим шляхом; бути гомозиготними за досліджуваним генами; фенотипово відрізнитися за досліджуваним ознаками.
- Гібридологічний аналіз передбачає схрещування осіб, які різняться по одній, двом або декільком парам альтернативних ознак. Такі схрещування відповідно називаються моно-, ди- та полігібридним.
- Закономірності успадкування ознак при моногібридному схрещуванні відображені у I та II законах Менделя: законі одноманітності гібридів першого покоління та законі розщеплення ознак.
- Закономірності успадкування ознак при дигібридному схрещуванні відображені у III законі Менделя, законі незалежного успадкування ознак.

- З метою визначення генотипу особин застосовується аналізуюче схрещування. Це схрещування особини невідомого генотипу з особоною, гомозиготною за рецесивним алелем.
- За умов дотримання всіх вимог схрещування, гібридологічний аналіз дозволяє встановити закономірності спадкування певних ознак в поколіннях.

КРОК ЧЕТВЕРТИЙ: відтворюємо.

1. Що таке гібридологічний аналіз?
2. Хто, коли й на якому об'єкті застосував гібридологічний аналіз?
3. Яке схрещування називається моногібридним?
4. Які закономірності успадкування ознак характерні для моногібридного схрещування?
5. Які закономірності успадкування ознак характерні для дигібридного схрещування?
6. З якою метою застосовують аналізуюче схрещування?
7. Охарактеризуйте значення гібридологічного аналізу для дослідження успадкування ознак.

КРОК П'ЯТИЙ: застосовуємо.

На основі знань про закономірності успадкування ознак, розв'яжіть задачі:

1. У людини рецесивний алель b зумовлює глухонімосту, домігантний алель B – нормальний слух. Від шлюбу глухонімої жінки з чоловіком у якого нормальний слух народилася глухоніма дитина. Визначте генотипи батьків.

2. У людини шестипалість домінує над нормальною будовою кисті. Визначте ймовірність народження нормальних дітей у сім'ї, де обидва батьки гетерозиготні.

3. В сім'ї, де один із батьків має нормальну будову кисті, а другий шестипалий, народилася нормальна дитина. Яка ймовірність народження наступної дитини шестипалою?

4. У людини карі очі – домігантна ознака, блакитні – рецесивна. Блакитноокий чоловік, батьки якого мали карі очі, одружився з кароокою жінкою, у батька якої очі були блакитні, а в матері – карі. Які очі можуть бути у їхніх дітей? Визначте генотипи всіх згаданих у задачі осіб.

5. У малини червоний колір плодів і колюче стебло – доміантні ознаки, а жовтий колір плодів і гладеньке стебло – рецесивні. Унаслідок схрещування гетерозиготних за обома ознаками рослин із рослинами, які мають жовті плоди і гладеньке стебло, отримано 100 потомків. Скільки з них матимуть жовті плоди й колючі стебла?

КРОК ШОСТИЙ: пропонуємо, формулюємо гіпотези та шляхи їх розв’язання.

1. Чи є різниця між поняттями «спадковість» та «успадкування»? Відповідь обґрунтуйте.

2. Резус-фактор – це особливий білок, який міститься в крові. Якщо він є, таких осіб називають резус-позитивними, якщо немає – резус-негативними. У випадку, коли плід резус-позитивний, а мати резус-негативна, виникає резус-конфлікт, який здебільшого не проявляється за першої вагітності, а тільки за наступних.

Резус-негативна жінка виходить заміж за гетерозиготного резус-позитивного чоловіка. Яка ймовірність резус-конфлікту між організмами матері та плоду за другої вагітності?

3. У людини є дві форми глухонімоти, які визначаються рецесивними алелями різних генів a і b . Визначте ймовірність народження нормальної дитини в родині, де обоє батьків мають різні форми глухонімоти, а за другою парою алелів вони – гетерозиготні.

4. До шкільного куточка живої природи принесли двох чорних хом’ячків, вважаючи їх чистопородними. Але в наступному поколінні серед їхніх потомків з’явилися особини бежевого кольору. Які висновки можна зробити про генотипи батьківських особин? Як перевірити генотипи чорних хом’яків, щоб отримати тільки потомство чорного кольору?

5. Жінка з карими очима й світлим волоссям одружується з чоловіком, який має блакитні очі й темне волосся. Відомо, що у батька дружини очі карі, у матері – блакитні й в обох світле волосся. У батька чоловіка – темне волосся й блакитні очі, а в матері – світле волосся й блакитні очі. Визначте генотипи всіх згаданих у задачі осіб. Якщо темне волосся й карі очі – доміантні ознаки, то якими можуть бути діти від цього шлюбу?

КРОК до ЗНО.

1. Руде волосся – рецесивна ознака, чорне – домінантна. При яких генотипах батьків у шлюбах народжуватимуться діти з рудим волоссям з ймовірністю: 50%?

а) $aa \times aa$; б) $Aa \times aa$; в) $Aa \times Aa$; г) $AA \times Aa$

2. Дигетерозигота була схрещена з рецесивною гомозиготою, якого розщеплення за генотипом слід очікувати у нащадків?

а) $1:2:1$; б) $1:2:1:2:4:2:1:2:1$; в) $1:1$; г) $1:1:1:1$

3. Сутність першого закону Менделя у тому, що:

а) при схрещуванні гомозиготних рецесивних і домінантних батьків потомки першого покоління неодноманітні за фенотипом і генотипом;

б) при схрещуванні гетерозиготних батьків потомки першого покоління одноманітні за фенотипом і генотипом;

в) при схрещуванні гетерозиготних батьків відбулося розщеплення;

г) при схрещуванні гомозиготних рецесивних і домінантних батьків потомки першого покоління всі одноманітні за фенотипом і генотипом

4. Сутність другого закону Менделя полягає у тому, що:

а) при схрещуванні гомозиготних рецесивних і домінантних батьків потомки першого покоління неодноманітні за фенотипом і генотипом;

б) при схрещуванні гетерозиготних батьків потомки першого покоління одноманітні за фенотипом і генотипом;

в) при схрещуванні гібридів першого покоління між собою спостерігається розщеплення за фенотипом $3:1$, а за генотипом $1:2:1$

г) при схрещуванні гомозиготних рецесивних і домінантних батьків потомки першого покоління всі одноманітні за фенотипом і генотипом.

5. Третій закон Менделя це закон:

а) незалежного успадкування зчеплених генів;

б) залежного успадкування генів, що знаходяться у різних парах хромосом; в) незалежного успадкування ознак; г) розщеплення

ознак у співвідношенні $1:1$

6. Моногібридне схрещування – це:
- а) схрещування двох батьківських форм, які відрізняються різними варіантами лише однієї досліджуваної спадкової ознаки;
 - б) схрещування двох батьківських форм, які різняться двома парами альтернативних ознак;
 - в) схрещування двох батьківських форм, при якому одна з них гомозиготна, друга гетерозиготна;
 - г) схрещування двох гетерозиготних особин.
7. Аналізує схрещування – це:
- а) схрещування з домінантною гомозиготною формою з метою перевірки генотипу;
 - б) схрещування з метою перевірки генотипу особин;
 - в) схрещування з метою перевірки генотипу і аналізу першого покоління;
 - г) схрещування невідомого генотипу з рецесивною гомозиготною формою з метою визначення цього генотипу
8. Дигібридне схрещування – це:
- а) схрещування при якому материнська форма дигетерозиготна, а батьківська гомозиготна за двома парами ознак;
 - б) схрещування двох гетерозигот, яке дає розщеплення $9:3:3:1$;
 - в) схрещування, при якому спостерігається розщеплення $9:3:3:1$;
 - г) схрещування, при якому батьківські форми різняться за двома парами альтернативних ознак.
9. Всі закони Г.Менделя правомірні за умови:
- а) різні пари алельних генів мають вільно комбінуватися під час мейозу;
 - б) різні пари алельних генів повинні знаходитись в одній хромосомі;
 - в) різні пари алельних генів повинні знаходитись в різних парах гомологічних хромосом;
 - г) різні пари алельних генів не мають вільно комбінуватися під час мейозу
10. Вкажіть, за умови яких генотипів батьків спостерігатиметься одноманітність гібридів першого покоління:
- а) $AaBb \times AaBb$; б) $AaBB \times AaBB$; в) $AABB \times aabb$; г) $AaBb \times aabb$

11. В якому варіанті схрещування співвідношення генотипів в потомстві складатиме 9:3:3:1?

а) $AaBB \times AaBb$; б) $AaBb \times aabb$; в) $AaBb \times AaBb$; г) $AAbb \times aaBB$

12. Які типи гамет утворює організм з генотипом $AaBb$?

а) AB ; б) AB, aB ; в) aB ; г) AB, aB, Ab, ab .

13. У помідорів нормальна висота (A) і червоний колір плодів (B) домінують ознаки, а карликовість і жовтий колір плодів – рецесивні. Які плоди будуть у рослин, отриманих унаслідок схрещування: $AaBb \times aabb$?

а) всі – нормальні червоні плоди;

б) 3 нормальні червоні плоди : 3 нормальні жовті плоди : 1 карликова червоні плоди : 1 карликова жовті плоди;

в) 1 нормальна червоні плоди : 1 нормальна жовті пдлоди : 1 карликова червоні плоди : 1 карликова жовті плоди;

г) всі карликові жовті плоди.

ДІЗНАЙТЕСЯ БІЛЬШЕ



Мал. 131. Монастирський сад, де Г. Менделем проводились досліді з гібридизації гороху.



Мал. 132. Пам'ятник Г. Менделю біля меморіального музею у м. Брно.

З ранку й до заходу сонця Грегор Мендель працював у маленькому монастирському саду (35 метрів у довжину й 7 метрів у ширину). Тут з 1856 по 1863 рік вчений провів свої класичні досліді, результати яких стали початком нової ери в біології. Всього в чотирьох поколіннях гороху він проаналізував більше 20 тисяч потомків. Про результати копіїткої праці сучасники Г. Менделя дізнались з його доповіді «Досліді

над рослинними гібридами» (1865 рік). Протягом життя Г. Мендель цікавився багатьма природничими науками – від селекції, садівництва і плідництва до астрономії, метеорології і бджільництва. Внесок Менделя в біологію отримав визнання тільки після його смерті, на початку ХХ ст. (помер Мендель у віці 62 років в 1884 р). На його честь названі музей, університет, площа в місті Брно (Чехія), а також чеська наукова станція в Антарктиді.

.....

Наука – практиці.

Відкриття Г. Менделя дали поштовх для розвитку вітчизняної генетики та селекції. Наведемо тільки деякі важливі здобутки на цьому шляху:

- Є. Вотчал (1864–1937) – розробив теоретичні основи створення нових сортів цукрових буряків з високою цукристістю.
- Від 1937 під керівництвом С. Гершензона (1906–1998) вивчалися генетичні процеси в природних популяціях тварин. В період з 1928 по 1935 рік, А. Сапегін (1883–1946) вперше застосував методи експериментального мутагенезу в селекції та одержав шляхом рентгенівського опромінювання спадкові зміни в пшениці, ячменю та ін. рослин.
- В Інституті генетики і селекції (Харків) В. Юр'єв (1879–1962) створив високоврожайний і стійкий проти вилягання сорт пшениці «Харківська-4».
- Міжнародне визнання одержали дослідження генетичного поліморфізму бджоли медоносної в Україні (2017, Р. А. Волков, Інститут біології, хімії та біоресурсів).

§ 24. СПАДКОВИЙ МАТЕРІАЛ ЕУКАРІОТИЧНОЇ КЛІТИНИ І ЙОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ

Терміни та поняття: реплікація, репарація, гени структурні, гени регуляторні, екзонно-інтронна модель, експресія генів.

КРОК ПЕРШИЙ: пригадуємо.

1. Охарактеризуйте будову молекули ДНК як біологічного полімеру.
2. Як реалізується принцип компліментарності в молекулі ДНК?
3. Які функції виконує ДНК в клітині?
4. Чим відрізняється будова молекули РНК від ДНК?
5. Назвіть види РНК та їх функції.
6. Як функціонально пов'язані між собою нуклеїнові кислоти?
7. Що таке ген?

КРОК ДРУГИЙ: визначаємось (крок у майбутнє).

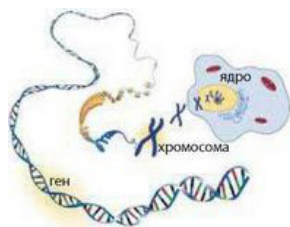
Основним об'єктом генетичних досліджень є спадковий матеріал, його структурно-функціональна організація, закономірності збереження, зміни та передачі потомкам, принципи реалізації записаної в генах спадкової програми та взаємодій між генами. У загальному визначенні ген – це одиниця спадкового матеріалу, що відповідає за формування певної елементарної ознаки. Реалізація функціонування гена одержала умовну назву «центральна догма молекулярної біології». Гени еукаріотів характеризуються наявністю мозаїчної структури (екзонів та інтронів) та ускладненням регуляторних генів. Наше завдання – зрозуміти та використовувати цю важливу інформацію.

КРОК ТРЕТІЙ: навчаємось.

Спадковий матеріал організмів умовно поділяють три рівні організації: генний, геномний, хромосомний.

Елементарною структурою генного рівня організації є ген. Термін «ген» було запропоновано Вільгельмом Йохансенем 1909 у р.

Ген – одиниця спадкового матеріалу, що відповідає за формування певної елементарної ознаки; це окрема ділянка ДНК, що містить інформацію для синтезу функціональної РНК (з якої буде синтезований білок)



Мал. 133. Ген – це ділянка ДНК

Функціональні характеристики гена:

- певний ген кодує синтез одного білка, окремий білок може зумовлювати певну ознаку (моногенну); взаємодія генів в генотипі визначає полігенні ознаки; окремі гени визначають розвиток кількох ознак (плейотропність);
- активність дії гена залежить від інтенсивності прояву ознаки (експресивності) та від кількості алелей певного гена; на активність гена впливають умови як зовнішнього, так і внутрішнього середовища;
- гени лабільні й здатні змінюватись (мутувати), а також збільшувати кількість своїх копій – ампліфікувати.

За місцем розміщення у структурах клітини розрізняють – ядерні гени (розташовані в хромосомах ядра) та цитоплазматичні гени (локалізовані в хлоропластах і мітохондріях). За функціональним значенням розрізняють структурні та регуляторні гени. *Структурні гени* кодують інформацію про структуру певних поліпептидів. Саме з структурних ділянок ДНК інформація «переписується» на іРНК і за триплетністю кодонів на рибосомах збираються білкові молекули. *Регуляторні гени* контролюють і регулюють процес біосинтезу білка. Регуляторні гени – це послідовності нуклеотидів, що безпосередньо не кодують білки, а здійснюють регуляцію дії структурного гена.

Генетичний код – це система запису спадкової інформації за якої послідовність нуклеотидів у молекулі нуклеїнової кислоти визначає послідовність амінокислот у молекулі білка.

Властивості генетичного коду:

- код триплетний – три послідовно розміщені нуклеотиди (триплет, або кодон) кодують одну з 20 протейногенних амінокислот;
- код універсальний – єдиний генетичний код є однаковим в усіх живих організмах – від вірусів до людини;
- код безперервний – кодони не розділяються між собою, тобто інформація зчитується лінійно безперервно;
- код специфічний – кожний кодон кодує лише одну амінокислоту. Завдяки цьому генетичний код не перекривається;

- код вироджений (надлишковий) – одна і та же амінокислота може кодуватися декількома різними кодонами;
- код колінеарний – послідовність кодонів нуклеотидів іРНК точно відповідає послідовності амінокислотних залишків у поліпептидному ланцюгу.

Молекулярні механізми реалізації генетичної інформації

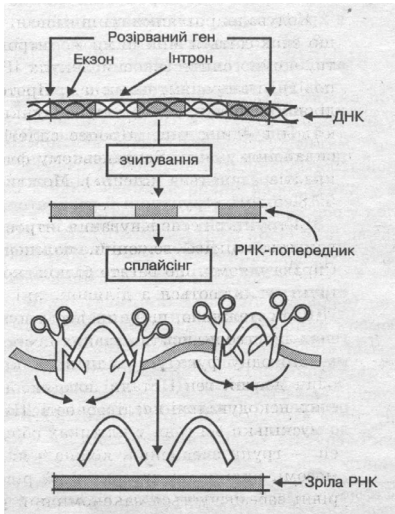
Можливість реалізації гена залежать від ряду факторів, насамперед від взаємодії з іншими генами. Більша частина генів клітин еукаріот знаходиться в репресованому (неактивному) стані. Приблизно 5-10 % генів активні і задіяні в процесах біосинтезу білків.

Експресія гена – молекулярний механізм реалізації спадкової інформації, завдяки якому ген виявляє свій потенціал у вигляді конкретної фенотипової ознаки. Процес експресії гена складається з двох етапів транскрипції і трансляції. Транскрипція – синтез іРНК на одному з ланцюгів ДНК-матриці (відбувається в ядрі). Трансляція – синтез білка на матриці іРНК. Всі етапи експресії генів відбуваються з використанням енергії АТФ та інших енерговмісних сполук під дією ферментів (відбувається в цитоплазмі).

В клітинах еукаріотів гени є мозаїчними: кодуєча частина гена один або декілька разів переривається некодуєчою ділянкою. Кодуючі ділянки ДНК, які несуть інформацію про послідовність амінокислот в поліпептидному ланцюгу це – **екзони**, а некодуєчі ділянки – **інтрони**. Кількість і розташування інтронів специфічні для кожного гена. Відкриття екзонно-інтронної організації генів сприяло обґрунтуванню того, що поряд з міжгенною існує і внутрішньогенна функціональна взаємодія. Науковці вважають, що інтрони містять запасну інформацію, що забезпечує мінливість. При цьому інтрони виконують функцію «пасток» мутацій.

Для синтезу білка весь ген (його екзони й інтрони), транскрибується в довгу молекулу іРНК (первинний транскрипт). Перш ніж покинути ядро, ця молекула іРНК за допомогою комплексу ферментів здійснює сплайсинг – видаляє усі послідовності інтронів. Зріла молекула іРНК стає значно коротшою (майже у 10 разів у порівнянні з первинним транскриптом), виходить у цитоплазму і бере участь у синтезі білка (мал. 134).

Отже, присутність в еукаріотів інтронів полегшує генетичну рекомбінацію між екзонами і забезпечує більшу адаптивність у синтезі білка.



Мал. 134. Процес транскрипції в ядрі еукаріотичної клітини

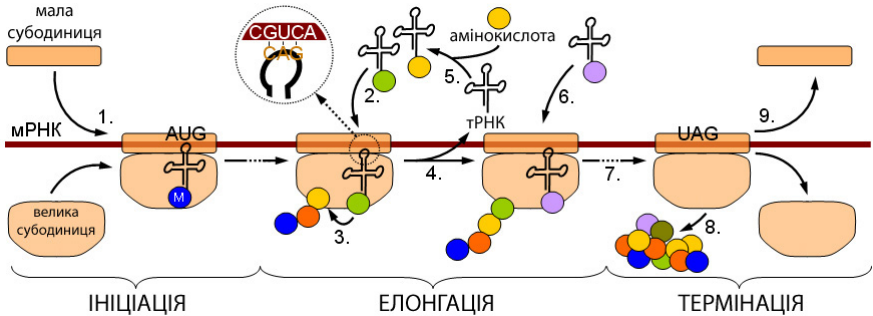
утворюється, називається комплексом ініціації. Згодом до малої субодиниці іРНК приєднується велика субодиниця, створюючи активну рибосому.

Елонгація є етапом подовження поліпептидного ланцюга. Синтез білкової молекули (об'єднання амінокислот) відбувається у великій субодиниці рибосоми. Амінокислоти зв'язуються в поліпептид у тій послідовності, що повідомляється їм за допомогою іРНК.

Термінація закінчує синтез білкової молекули. У кінці ланцюга іРНК знаходиться один із «стоп»-кодонів (*UAA, UAG, UGA*). Вони не розпізнаються жодною тРНК. Фактор термінації (спеціальний білок) приєднується до цього кодону і блокує подовження поліпептидного ланцюга. Рибосома відокремлюється від ланцюга іРНК і розпадається на дві субодиниці. Синтезований поліпептид звільняється і потрапляє в цитоплазму.

Процес синтезу поліпептидного ланцюга (трансляція), умовно поділяється на три етапи: ініціацію, елонгацію і термінацію.

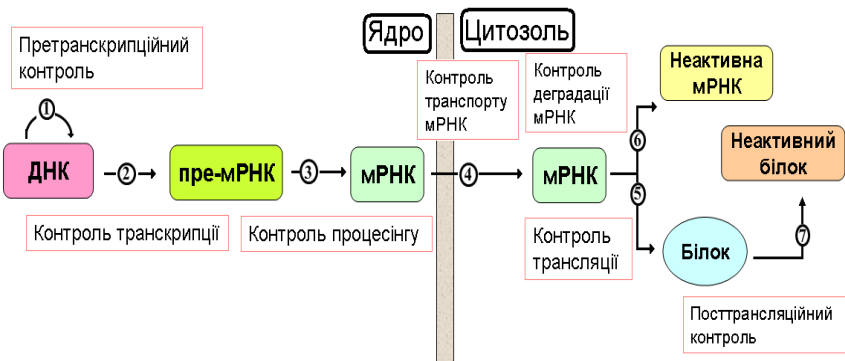
Ініціація розпочинається з активації амінокислот. Амінокислоти в цитоплазмі клітини вступають в реакцію з АТФ. Цей комплекс називається активованою амінокислотою. Активована амінокислота приєднується до своєї специфічної тРНК й аміноацил-тРНК-комплекс надходить до місця синтезу білків – рибосоми. іРНК (м-РНК) з'єднується з малою рибосомальною субодиницею за допомогою спеціального триплету (АУГ- старт кодону). Комплекс, що



Мал. 135. Трансляція на рибосомах: ініціація, елонгація, термінація

Регуляція експресії генів здійснюється на кількох рівнях:

- **геномний** – пов’язаний із зміною кількості або локалізації генів, що контролюють дану ознаку;
 - **транскрипційний** – визначає які і скільки іРНК повинні синтезуватись у даний момент;
 - **трансляційний** – забезпечує відбір іРНК, що транлюються на рибосомах;
- **на рівні структурної організації геному**
 - **на рівні транскрипції**
 - **на рівні трансляції**



Мал. 136. Рівні регуляції експресії генів

Геном еукаріотів зазнає регуляторного впливу також з боку ендокринної системи організму. Багато гормонів є індукторами транскрипції. Зокрема, це стосується стероїдних гормонів, які зв'язуються з білками-рецепторами, що переносять їх у ядро. Такий комплекс зв'язується зі специфічною ділянкою хроматину, відповідальною за регуляцію генів (наприклад, тестостерон активізує гени, що визначають розвиток організму за чоловічим типом).

Суттєвим моментом функціонування біологічної системи є не тільки реалізація (експресія) генетичної інформації, а й її збереження з метою передачі наступному поколінню.

Фізико-хімічні властивості молекули ДНК роблять її надійним носієм спадкової інформації та забезпечують простий механізм – точного відновлення молекули. Цей процес – подвоєння молекули ДНК, або **реплікація** – забезпечує подвоєння молекули ДНК з утворенням двох генетичних дочірніх копій.



Мал. 137. Реплікація ДНК

Головним механізмом реплікації є принцип комплементарності: кожен із ланцюгів ДНК використовується як матриця для синтезу комплементарної ДНК-репліки.

Передавання спадкової інформації у незмінному вигляді є найважливішою умовою виживання як кожного організму, так і виду в цілому. Тому в ході еволюції сформувалася система,

яка дозволяє клітині виправляти uszkodження ДНК, викликані помилками реплікації чи впливом ушкоджувальних факторів навколишнього середовища. *Репарація ДНК* (лат. *reparatio* – відновлення) – процес виправлення ушкоджень ДНК, зумовлених дією різних хімічних і фізичних факторів. Усі репараційні механізми ґрунтуються на тому, що генетична інформація записана в обох ланцюгах подвійної спіралі. Якщо нуклеотидна послідовність одного ланцюга змінена,

інформацію можна відновити на основі другого (комплементарного) ланцюга.

На початку 40-х років минулого століття були відкриті мобільні генетичні елементи. Це – послідовності ДНК, які можуть переміщатися всередині генома. Вони здебільшого становлять значну частину ДНК еукаріотів, зокрема, майже 45 % геному людини.

Гени клітин еукаріотів знаходяться в хромосомах, забезпечуючи хромосомний рівень організації спадкового матеріалу. Хромосомний рівень організації спадкового матеріалу характеризується особливостями морфології і функцій хромосом (розглянемо у наступному параграфі).

Опорні точки (висновки).

- У спадковій структурі організмів виділяють три рівні організації: генний, геномний, хромосомний.
- Елементарною структурою генного рівня організації є ген, хромосомного – хромосома, геномного – геном. Ген – це окрема ділянка ДНК, що містить інформацію для синтезу функціональної РНК (з якої буде синтезований білок); одиниця спадкового матеріалу, що відповідає за формування певної елементарної ознаки. Геном – сукупність генів у гаплоїдному наборі хромосом.
- Інформація про структуру білкових молекул зашифрована в ДНК шляхом певного розташування нуклеотидів – генетичного коду. Властивостями генетичного коду є: триплетність, універсальність, безперервність, специфічність, виродженість, колінеарність.
- За функціональним значенням розрізняють структурні та регуляторні гени.
- Експресія гена – молекулярний механізм реалізації спадкової інформації, завдяки якому ген виявляє свій потенціал у вигляді конкретної фенотипової ознаки.
- Процес експресії гена складається з двох етапів транскрипції і трансляції.
- Транскрипція – синтез іРНК на ДНК-матриці.
- Трансляція – синтез білка на матриці іРНК.
- Реплікація – процес подвоєння молекули ДНК.

- Репарація – процес виправлення ушкоджень ДНК, зумовлених дією різних хімічних і фізичних факторів.
- Гени клітин еукаріотів знаходяться в хромосомах, забезпечуючи хромосомний рівень організації спадкового матеріалу.

КРОК ЧЕТВЕРТИЙ: відтворюємо.

1. Назвіть рівні організації спадкової структури організмів.
2. Дайте визначення гена та генетичного коду.
3. Які властивості має генетичний код?
4. Назвіть властивості генів. Наведіть відповідні приклади.
5. Що таке експресія гена?
6. З яких етапів складається процес експресії гена? Дайте їм визначення.
7. Що таке реплікація та репарація? Яке біологічне значення цих процесів?
8. Що таке геном?
9. Охарактеризуйте хромосомний рівень організації спадкової структури організмів.

КРОК П'ЯТИЙ: застосовуємо.

1. В чому полягає сучасне уявлення про структуру і функцію генів?
2. Поясніть суть процесу синтезу білків у клітині.
3. Поясніть суть понять транскрипція, трансляція, сплайсинг, екзони, інтрони.
4. Розв'яжіть задачу: один з ланцюгів ДНК має таку будову: АТГ-АЦЦ-АГТ-ЦАЦ-АТЦ. Яка послідовність нуклеотидів у другому ланцюзі цієї молекули ДНК? Яка послідовність нуклеотидів в іРНК, що синтезована на матриці цієї ДНК?

КРОК ШОСТИЙ: пропонуємо, формулюємо гіпотези та шляхи їх розв'язання.

1. Хто і коли запропонував термін «ген»? Як змінювалось визначення поняття «ген» з розвитком генетики?
2. Які властивості генів ви знаєте? Як класифікують гени за місцем локалізації та характером взаємодії у алельній парі?
3. Вкажіть що важче білок чи ген, що його кодує, і в скільки разів.
4. Поясніть значення мобільних елементів в геномі.

КРОК до ЗНО.

1. Ділянка гена має наступну послідовність ГГТТЦЦГЦТАТА. Вкажіть комплементарну їй послідовність іРНК:

- а) ЦЦААГГЦГААУУ ; б) ЦЦУУГГЦГАТАТ; в) ЦЦААГГЦГАУАУ
- г) ЦЦААЦЦГГТАТ

2. Процес вирізання інтронів та з'єднання екзонів у іРНК називається:

- а) процесинг ; б) сплайсинг; в) репарація; г) реплікація

3. Поєднайте термін з його синонімом:

- | | |
|-----------------|--------------------|
| 1. Реплікація | а) синтез РНК |
| 2. Транскрипція | б) синтез білка |
| 3. Трансляція | в) синтез ДНК |
| 4. Процесинг | г) дозрівання іРНК |

4. Один із ланцюгів ДНК має наступну послідовність ААТТГГЦЦАТА.

Вкажіть комплементарну йому послідовність другого ланцюга:

- а) ТТААЦЦГГТАТ; б) ААТТГГЦЦАТА; в) УУААЦЦГГУАУ;
- г) УУААЦЦГГТАТ

5. Основні властивості молекули ДНК це – здатність до:

- а) ренатурації; б) денатурації; в) автосинтезу (реплікації), денатурації, ренатурації, г) поглинання ультрафіолетових променів.

6. Транскрипція це:

- а) синтез РНК; б) синтез білка; в) синтез ДНК; г) дозрівання іРНК

7. Генетичний код це:

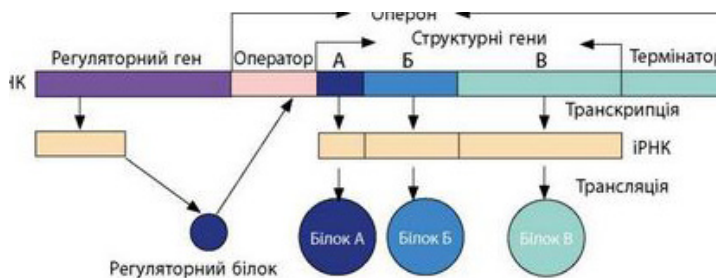
- а) запис генетичної інформації триплетами; б) запис генетичної інформації дуплетами; в) антикодон; г) кодоген.

8. Дайте визначення генетичного коду:

- а) триплет нуклеотидів;
- б) послідовність декількох амінокислот;
- в) спосіб запису спадкової інформації в молекулах нуклеїнових кислот за допомогою триплетів нуклеотидів
- г) спосіб запису спадкової інформації в молекулі ДНК за допомогою коду амінокислот.

ДІЗНАЙТЕСЯ БІЛЬШЕ

У 1961 р. французькі біологи Ф. Жакоб і Ж. Моно запропонували механізм регуляції експресії генів прокаріотів, який було названо гіпотезою оперона.



Мал. 138. Організація лактозного оперона в кишкової палички

Оперон – це послідовність спеціальних функціональних сегментів ДНК та структурних генів, які кодують синтез певної групи білків одного метаболічного ланцюга. Регульована одиниця транскрипції складається з наступних структурних частин: 1) ген-регулятор, який контролює утворення білка-репресора (блокує транскрипцію гена); 2) промотор – ділянка ДНК, до якої приєднується РНК- полімераза і з якої розпочинається транскрипція; 3) оператор – ділянка промотора, яка може зв’язувати репресор; 4) структурні гени – ділянки ДНК, які кодують іРНК конкретних білків; 5) термінаторна ділянка ДНК, яка несе сигнал про зупинку транскрипції.

ДІЗНАЙТЕСЯ БІЛЬШЕ

Група вчених на чолі з Джейсоном Чином з Кембриджського університету вперше показала можливість вбудовування в природні білкові молекули штучних амінокислот. Для цього вчені змусили ферменти клітини бактерій *Escherichia coli*, по новому «прочитувати» генетичний код ДНК, а саме: розпізнавати одиничні нуклеотиди генетичного коду в групах по чотири, а не по три, як це відбувається у всіх живих організмах. Група Дж. Чина, створила таким чином додатково 256 комбінацій нуклеотидів, що не відповідають будь-яким природним амі-

нокислотам. Вбудовування молекул синтетичних амінокислот в існуючі природні білкові молекули дозволить наділити їх новими корисними властивостями. Наприклад, зв'язки між штучними амінокислотами в білках виявилися набагато міцніше, ніж у природних, що може бути використано в фізіологічно активних білкових молекулах, що застосовуються в фармацевтичних препаратах. Такі молекули можуть використовуватися для створення ліків для перорального застосування, оскільки вони стійкі до агресивного середовища шлунка.

«Наша робота – це початок використання абсолютно нового штучного генетичного коду, паралельно існуючому природному», – сказав Дж. Чин в інтерв'ю *New Scientist*. Як показали дослідники в своїй роботі, вбудовані штучні амінокислоти виявилися здатні взаємодіяти між собою, вже будучи запровадженими в структуру білкової молекули. Подібні зв'язки між амінокислотами в білках численні: вони дозволяють їм утримувати свою тривимірну структуру, що обумовлює їх унікальні функціональні властивості.

§ 25. ХРОМОСОМИ. КАРІОТИП



Терміни та поняття: хромосома, хромосомна теорія спадковості, каріотип, гомологічні хромосоми, гаплоїдний, диплоїдний та поліплоїдний набір хромосом.

КРОК ПЕРШИЙ: пригадуємо.

1. Яка наука вивчає принципи систематики живих організмів?
2. В якій структурі клітини міститься спадковий матеріал?
3. Чим відрізняються соматичні та статеві клітини?
4. Які хромосоми називаються гомологічними?
5. Чим відрізняються структурні рівні організації спадкового матеріалу у прокаріотів та еукаріотів?
6. Наведіть приклади живих без'ядерних клітин в організмах рослин та тварин. Чи змінюється їх функціонування і як?

КРОК ДРУГИЙ: визначаємось (крок у майбутнє).

Уважно подивіться на фото та спробуйте визначити: це тварини одного виду, чи двох?

Дійсно, тільки за візуальним спостереженням навіть фахівець-зоолог не дасть однозначної відповіді. Річ у тім, що в природі існують види-двійники, розрізнити які можна виключно за особливостями хро-



Мал. 139



Мал. 140

мосомного набору. У визначнику ссавців зазначено: «Вид полівка альпійська має чітку відмінність за низкою «тонких» ознак – за каріотипом, у тому числі за кількістю і морфологією хромосом». Отже на малюнку 139 – вид полівка європейська, а на малюнку 140 – полівка альпійська, видова приналежність якої визначається виключно за каріотипом.

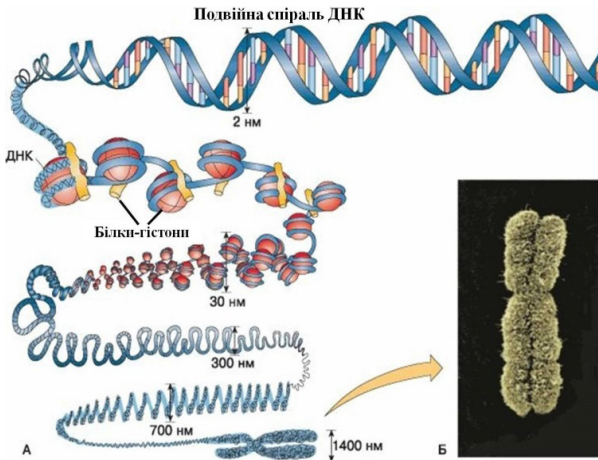
Опрацювавши матеріал цього параграфу, ви дізнаєтесь про будову та функції хромосом, гомологічні і негомологічні хромосоми, їх гаплоїдний і диплоїдний набір, а також про «паспорт» виду – каріотип та його особливості.

КРОК ТРЕТІЙ: навчаємось.

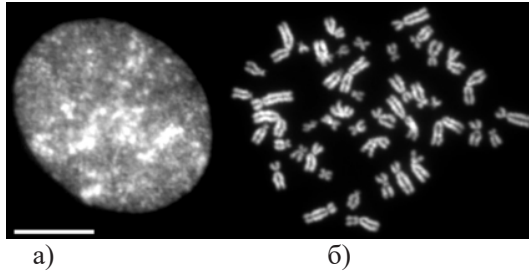
Будова та функції хромосом

Хромосоми (від грец. *chroma* – колір, *soma* – тіло) – структури ядра клітин еукаріотів, які забезпечують збереження, розподіл та передачу спадкової інформації. Були відкриті в 1882 році німецьким анатомом Вальтером Флемінгом за допомогою спеціальних барвників. Термін «хромосоми» в 1888 р. ввів у науковий обіг Генріх Вальдеєр.

З хімічної точки зору хромосоми – це з'єднання лінійних молекул ДНК зі специфічними білками-гістонами. Нуклеотиди ДНК кодують спадкову інформацію, а ядерні білки-гістони організують компактне просторове розташування молекул ДНК у вигляді цілих хромосом для зберігання і реалізації цієї інформації (мал. 141).



Мал. 141. Упакування ДНК в метафазній хромосомі. Комплекси ДНК з гістонами формують ущільнені структурні частинки хромосоми – нуклеосоми, які тісно прилягають одна до одної і утворюють фібрили. Фібрили піддаються подальшій просторовій компактній укладці з утворенням хромосом



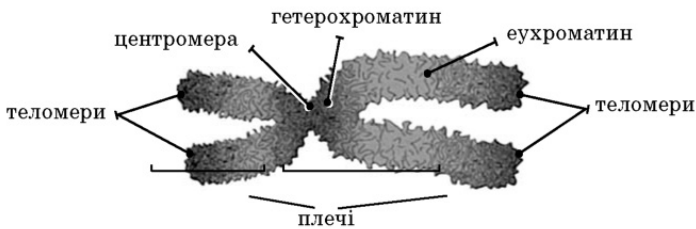
Мал. 142. а – хроматин інтерфазного ядра соматичної клітини у вигляді гранул і фібрил; б – паличкоподібні хромосоми

Найбільш зручним етапом для дослідження хромосом є метафаза мітозу, під час якої майже всі хромосоми мають X-подібну форму (кожна з хромосом складається із двох хроматид, з'єднаних у місці первинної перетяжки (центромери). У стані спокою (інтерфазі) хромосоми мають вигляд фібрил і гранул хроматину. Отже, лише під час клітинного поділу (мітозу – в соматичних клітинах, мейозу – в статевих) фібрили і гранули конденсуються й утворюють чітко окреслені хромосоми (мал. 142).

Основні функції хромосом взаємопов'язані з будовою.

Центромера поділяє хромосому на два плеча (коротке і довге); на ній розташовуються білки-кінетохори, до яких під час розподілу генетичного матеріалу прикріплюються нитки веретена поділу.

Ділянки хромосоми забарвлюються неоднаково. Інтенсивно забарвлені (темніші) називають *гетерохроматином* – це конденсована ділянка хромосоми, функціонально менш активна, ніж *еухроматинова*



Мал. 143. Будова метафазної хромосоми: складається з двох хроматид, з'єднаних центромерою (первинною перетяжкою)

ділянка (світла за кольором, містить більше активних генів). *Теломери* – кінцеві ділянки хромосоми, багаті структурним гетерохроматином, перешкоджають злипанню кінців хроматид після редуплікації ДНК, чим сприяють збереженню їх цілісності.

Хромосомна теорія спадковості виникла на основі клітинної теорії і використання гібридологічного аналізу для вивчення спадкових властивостей організмів. Обґрунтування теорії належить американському генетику Т. Моргану і його школі (А. Стертевант, Г. Меллер, К. Бріджес).

Основні положення хромосомної теорії спадковості:

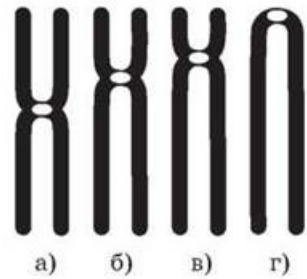
1. Гени містяться у хромосомах. Кожна хромосома є групою зчеплення генів. Число груп зчеплення у кожного виду дорівнює числу пар хромосом (галоїдному набору). У людини 23 групи зчеплення.

2. Гени в хромосомі розміщені лінійно. Кожен ген у хромосомі займає певне місце (локус). Алельні гени займають у гомологічних хромосомах однакові локуси.

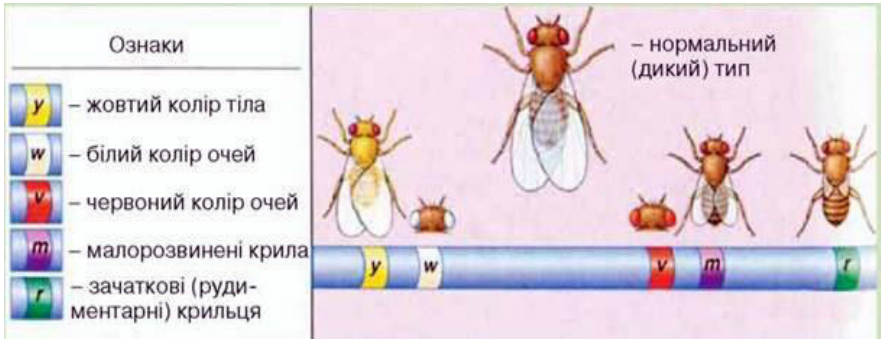
3. Зчеплення між генами однієї групи порушується внаслідок перехресту і обміну ділянками гомологічних хромосом у профазі першого мейотичного поділу (процес кросинговеру);

4. Частота перехресту прямо пропорційна відстані між генами. Чим далі розміщені гени, тим частіше відбувається перехрест. Відстань між генами вимірюється у морганідах (1 морганіда відповідає 1 % кросинговеру).

5. Кожен біологічний вид характеризується певним набором хромосом (каріотипом) – кількістю та особливостями будови окремих хромосом.



Мал. 144. Залежно від місця розташування центромери розрізняють чотири типи хромосом: а – *метацентричні* (плечі майже однакові), б – *субметацентричні* (плечі нерівної довжини, в – *acrocentричні* (центромера розміщена майже на кінці хромосоми і друге плече майже непомітне); г – *телоцентричні* (центромера на кінці хромосоми)



Мал. 145. Фрагмент генетичної карти хромосом дрозофіли

Надалі теорія була доповнена положенням, що в хромосомах є структурні та регуляторні гени. Структурні гени кодують синтез білків. Регуляторні гени контролюють та направляють діяльність структурних генів.

Завдяки хромосомній теорії спадковості, були створені генетичні карти, з допомогою яких вивчають функції хромосом і широко використовують їх в генетичних консультаціях для вирішення питань про можливих патологіях хромосом або генів, що призводять до спадкових захворювань у людини (мал. 145).

Відомо чотири типи хромосомного визначення статі:

1) жіноча стать є гомогаметною (XX); а чоловіча – гетерогаметною (XV) – у ссавців, більшості амфібій, частини риб, комах (крім метеликів), ракоподібних, черв'яків, деяких дводомних рослин.

У цих організмів усі яйцеклітини містять X -хромосоми і в цьому відношенні вони однакові (гомогаметні), на відміну від сперматозоїдів, які утворюються двох типів: один містить X -хромосому, другий – Y -хромосому (гетерогаметні).

2) жіноча стать гомогаметна (XX), а чоловіча гетерогаметна (XO) – у клопів;

3) жіноча стать гетерогаметна (XV), а чоловіча гомогаметна (XX) – у птахів, плазунів, частини риб, метелків;

4) жіноча стать – гетерогаметна (XO), а чоловіча – гомогаметна (XX) у молі, живородної ящірки.

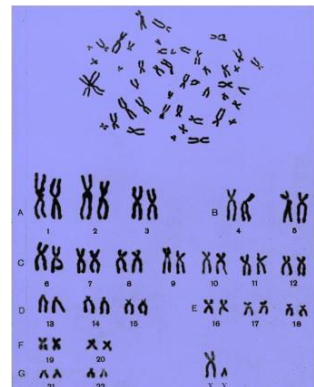
Поняття про каріотип

Каріотип – сукупність ознак хромосомного набору, характерна для кожного біологічного виду: число, розмір і форма хромосом, положення центромери, наявність вторинних перетяжок, чергування гетерохроматинових і еухроматинових ділянок та ін.

Каріотип – це «паспорт» виду, що надійно відрізняє його від каріотипів інших видів. Аналіз каріотипу дає змогу виявляти порушення, які можуть призводити до аномалій розвитку, спадкових хвороб або загибелі плодів і ембріонів на ранніх стадіях розвитку.

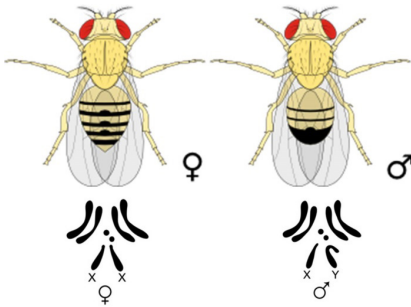
Основні правила організації каріотипу :

- правило видової специфічності – особливості каріотипу особин виду залежать від кількості, розмірів та форми хромосом; кожний вид еукаріотичних організмів має певну і постійну кількість хромосом (наприклад, у дрозофіли – 8 хромосом, у людини – 46) (мал. 146, 147);
- правило парності – кожна хромосома в диплоїдному наборі ($2n$) має собі пару, подібну за розмірами та формою. Такі хромосоми називаються *гомологічними*. Хромосоми, що мають однаковий порядок генів, називають *гомологічними*. Вони мають однаковий порядок генів, однакову довжину і розташування центромери. *Негомологічні хромосоми* мають різний генний набір і різну будову.



Мал. 146. Каріотип людини – 46 хромосом ($2n = 46$) : 22 пари – нестатевих хромосом (аутосом) і одна пара – статевих (ХУ)

- правило індивідуальності – кожна пара гомологічних хромосом має свої особливості. Так, при порівнянні хромосомних наборів чоловічих та жіночих особин одного виду спостерігається відмінність в одній парі хромосом. Ця пара отримала назву статевих хромосом. Решта пар гомологічних пар хромосом, однакових в обох статей, мають загальну назву аутосоми;
- правило наступності (неперервності) – завдяки здатності хромосом до подвоєння під час поділу клітини у наступних поколіннях клітин одного виду зберігається не лише стале число хромосом, а й їхні індивідуальні особливості.



Мал. 147. Дрозофіла чорночерева (*Drosophila melanogaster*), має 4 пари хромосом ($2n = 8$)

Загальна кількість однакових хромосом вказує на їх *плоїдність*. Існує гаплоїдний, поліплоїдний і диплоїдний набір хромосом.

Гаплоїдний набір хромосом, одинарний набір хромосом (позначають $1n$) – сукупність хромосом, що притаманна зрілій статевій клітині, в якій з кожної пари характерних для даного біологічного виду хромосом присутня тільки одна; у людини він представлений 22 аутосомами і

однієї статевою хромосоною. Гаплоїдне число хромосом в клітинах організмів одного вигляду називається основним, або базовим, а сукупність генів, яка знаходиться в гаплоїдному наборі називають *генамом*.

Гаплоїдне число хромосом в статевих клітинах виникає унаслідок редукції (зменшення) удвічі числа хромосом в мейозі, а диплоїдне число відновлюється при заплідненні.

Соматичні клітини рослин і тварин як правило, містять подвійне (*диплоїдне*) число хромосом ($2n$); одна з кожної пари гомологічних хромосом походить від материнського, а інша – від батьківського організмів.

Поліплоїдний набір – це набір хромосом, кратний гаплоїдному: $3n$ (триплоїд), $4n$ (тетраплоїд), $5n$ (пентаплоїд), $6n$ (гексаплоїд) тощо. Кратне збільшення числа хромосом в клітках може виникати під

іонізуючих випромінювань, хімічних речовин (колхіцин та ін.), а також як результат зміни фізіологічного стану клітини. Механізм дії цих чинників зводиться до порушення розходження хромосом в процесі мітозу або мейозу, утворенню клітин з кратно збільшеним числом хромосом у порівнянні з вихідною клітиною.

В поліплоїдних форм рослин спостерігається гігантизм – збільшення розмірів органів (листя, квіток, плодів), а також підвищення вмісту ряду хімічних речовин, зміна термінів цвітіння і плодоношення. Це привертає увагу селекціонерів для створення поліплоїдних сортів сільськогосподарських рослин (мал. 148).



Мал. 148. Поліплоїдні рослини: 1 – триплоїдний кавун;
2 – тетраплоїдна малина; 3 – тетраплоїдні кормові буряки

Опорні точки (висновки).

- Хромосоми є матеріальними носіями спадковості усіх еукаріотичних організмів, і їхні функції тісно взаємопов'язані з хімічним складом та будовою.
- Хромосоми можуть перебувати в двох структурно-функціональних станах: деконденсованому / деспіралізованому (у вигляді гранул і грудочок хроматину) під час інтерфази; конденсованому / спіралізованому (паличкоподібної форми), які добре помітні в мікроскопі під час поділу клітин.
- Метафаза (спаралізована) хромосома складається з двох хроматид, з'єднаних центромерою (первинною перетяжкою).
- Основні закономірності будови та функціонування хромосом сформульовані в положеннях хромосомної теорії спадковості. Обґрунтування теорії належить американському генетику Т. Моргану і його школі (А. Стертевант, Г. Меллер, К. Бріджес).

- Завдяки хромосомній теорії спадковості, були створені генетичні карти, з допомогою яких вивчають функції хромосом і широко використовують їх генетичних консультаціях для вирішення питань про можливі патології хромосом або генів, що призводять до спадкових захворювань у людини.
- Каріотип – сукупність ознак хромосомного набору, характерна для кожного біологічного виду.
- Аналіз каріотипу дає змогу виявляти порушення, які можуть призводити до аномалій розвитку, спадкових хвороб або загибелі плодів і ембріонів на ранніх стадіях розвитку.

КРОК ЧЕТВЕРТИЙ: відтворюємо.

1. Охарактеризуйте зв'язок між будовою і функціями хромосом.
2. Які статеві відмінності хромосомного набору ви знаєте?
3. Що таке каріотип?
4. Яке значення має дослідження каріотипів живих організмів?
5. Які положення містить хромосомна теорія спадковості?
6. Наведіть приклади хромосомних наборів.

КРОК П'ЯТИЙ: застосовуємо.

1. Поясніть, яке біологічне значення має гаплоїдність статевих клітин.
2. Обґрунтуйте практичне значення каріосистематики.
3. Доведіть важливість дослідження каріотипу людини.
4. Поясніть правила організації каріотипу.
5. Розв'яжіть задачі:

* Диплоїдний набір хромосом у клітинах людини – 46, голуба – 80, кішки – 38, жаби – 26, собаки – 78, аскариди – 4, шимпанзе – 48. Визначте число груп зчеплення у кожному випадку.

* Визначте відстань між генами *C* і *E*, якщо при схрещуванні гетерозиготної за цими генами особини з рецесивною гомозиготою отримано 12% кросоверних особин.

КРОК ШОСТИЙ: пропонуємо, формулюємо гіпотези та шляхи їх розв'язання.

Скориставшись додатковими джерелами інформації охарактеризуйте п'ять рівнів компактації (упакування) молекули ДНК: нуклеосомний, нуклеомерний, хромомерний, хромонемний, хромосомний.

Схрещено дві породи кролів: з короткою хвилястою шерстю й із довгою прямою. В результаті аналізуючого схрещування отримано потомство: з довгою прямою шерстю – 99 особин, із короткою хвилястою – 101, із довгою хвилястою – 24, з короткою прямою – 26. Визначте частоту кросинговеру. Відповідь обґрунтуйте.

Доведіть на відповідних прикладах та правилах організації каріотипу, що він є «паспортом» виду.

Поясніть, чому поліплоїди серед рослин є життєздатними, а серед тварин – ні.

Визначте принципи побудови генетичних карт.

КРОК до ЗНО.

1. Зчепленими називають гени:

а) які вступають у взаємодію один з одним; б) що знаходяться у одній хромосомі; в) алель ні; г) неалельні

2. Кросинговер це:

а) явище кон'югації гомологічних хромосом; б) явище кон'югації, перехресту і обміну ділянками між гомологічними хромосомами; в) повне домінування генів; г) неповне домінування

3. Принцип побудови генетичних карт хромосом базується на:

а) визначеній відстані між генами; б) обчисленні % кросинговеру; в) визначенні маси гена; г) зв'язку між генами

4. Кількість груп зчеплених генів у кожного конкретного виду тварин дорівнює:

а) диплоїдному набору хромосом; б) гаплоїдному набору хромосом; в) триплоїдному набору хромосом; г) тетраплоїдному набору хромосом

5. Групу зчеплення становлять гени які:

а) вступають у взаємодію один з одним; б) знаходяться у одній хромосомі; в) знаходяться в гомологічних хромосомах; г) знаходяться в негомологічних хромосомах

6. Дайте визначення терміну морганіда:

а) одиниця вимірювання відстані між хромосомами;

б) одиниця відстані між генами в групі зчеплення, відповідає відстані, на якій кросинговер відбувається у 1% випадків;

- в) одиниця відстані між алельними генами;
 - г) різниця в розмірах статевих хромосом
7. Статеві хромосоми це:
- а) хромосоми, за якими чоловіча і жіноча стать різняться між собою;
 - б) хромосоми, які різні за вмістом генів і кон'югують лише частково;
 - в) хромосоми, які різні за формою і розмірами;
 - г) хромосоми, за якими чоловіча і жіноча стать різняться між собою, вони різні за формою, розмірами і змістом генів
8. Як називається хроматин в період інтерфази, що має вигляд волокна з кулеподібними структурами?
- а) пероксидом; б) нуклеосоми; в) мікросоми; г) лізосоми

ДІЗНАЙТЕСЯ БІЛЬШЕ

Хромосомний аналіз як метод виявлення порушень каріотипу

Хромосомний аналіз – розділ цитогенетичного аналізу, який вивчає структурні перебудови (аберації) чи кількісні зміни хромосом, що мають уроджений або набутий характер. Застосовують із метою виявлення спадкових та хромосомних хвороб, при безплідді, при розпізнанні ракових пухлин, використовують у судовій медицині.

Метод аналізу каріотипу здійснюють на стадії метафази мітозу безпосередньо на клітинах кісткового мозку, або після короткочасного культивування лімфоцитів крові, шкіри чи ембріональних тканин. Такі клітини піддають спеціальній обробці, в результаті якої хромосоми стають чіткими та віддаленими одна від одної. Це дає змогу підраховувати їх і аналізувати. Нормальний каріотип людини містить 46 хромосом, із яких 22 пари аутосом та 2 статеві хромосоми. Крім того, при застосуванні особливого фарбника кожна хромосома по своїй довжині диференціюється на темні та світлі смуги – т. зв. «диски». Послідовність розташування цих дисків, їх форма специфічні для кожної хромосоми.

Прикладами хромосомних хвороб можуть слугувати : хвороба Дауна (зайва G-хромосома), синдром Клайнфелтера (зайва X-хромо-

сома у чоловіків) і Шерешевського - Тернера (відсутність у каріотипі Y - або однієї з X-хромосом).

Якщо порушення стосується статевих хромосом, то дослідження спрощується. У цьому разі не аналізують весь каріотип, а обстежують соматичні клітини на наявність у них статевого хроматину – невеликого дископодібного тільця, яке інтенсивно фарбується цитологічними барвниками. Визначення статевого хроматину використовують і в судовій медицині, коли необхідно за плямами крові встановити статеву належність особи.

Наука – практиці.

Важливу роль у створенні нових сортів рослин відіграє поліплоїдія. Поліплоїдні форми трапляються у багатьох рослин. Не виключено, що еволюція деяких груп квіткових рослин ішла шляхом поліплоїдизації. Більшість культурних рослин – поліплоїдні, вони економічно доцільніші за диплоїдні. У поліплоїдних рослин клітини зазвичай мають більші розміри і вся рослина більша за диплоїдну. Поліплоїди часто стійкіші до несприятливих факторів середовища. На півночі і в горах багато видів рослин поліплоїдні. В селекційній практиці, щоб отримати поліплоїдні рослини, на них діють різними чинниками: іонізуючим випромінюванням, хімічними речовинами, критичною (високою, або низькою) температурою. Наприклад, для отримання поліплоїдів досить зручним виявилася речовина колхіцин, оскільки вона під час мітозу руйнує веретено поділу, але не перешкоджає подвоєнню хромосом.

Останнім часом великого поширення набули високоурожайні поліплоїдні сорти гречки, цукрових буряків, проса, кукурудзи, льону, редиски та деяких інших рослин.

§ 26. ГЕНОТИП ЛЮДИНИ ЯК ЦІЛІСНА СИСТЕМА. ТИПИ ВЗАЄМОДІЇ ГЕНІВ. ПРОЄКТ «ГЕНОМ ЛЮДИНИ»



Терміни та поняття: моногенне і полігенне успадкування ознак, менделюючі ознаки, типи взаємодії генів, позахромосомна (цитоплазматична) спадковість, проєкт «Геном людини».

КРОК ПЕРШИЙ: пригадуємо.

1. Що таке генотип, фенотип, геном, алельні гени (алелі)?
2. В яких станах проявляється дія домінантних та рецесивних генів? Наведіть відповідні приклади.
3. Що таке кількісні та якісні ознаки успадкування?
4. Які закони спадковості ви знаєте? Яке значення має відкриття цих законів?
5. Законів без виключень не буває, а чи є виключення з законів Менделя?

КРОК ДРУГИЙ: визначаємось (крок у майбутнє).

Генотип людини – цілісна система, яка складається з десятків тисяч генів і міжгенних ділянок, розміщених певним чином у 46-ти хромосомах ядра. Крім того, генотип містить гени цитоплазматичної спадковості організму. Усі гени організму в процесі онтогенезу діють не відокремлено, а взаємодіють і функціонують як інтегроване єдине ціле. Розрізняють взаємодію алельних і неалельних генів, що відображується у фенотипі відповідно. За останні десятиріччя реалізовано міжнародний проєкт «Геном людини», який дозволив вченим повністю розшифрувати нуклеотидну послідовність геному людини, ідентифікувати фізіологічну роль багатьох генів, що його складають. Нині триває додатковий аналіз окремих ділянок хромосом. Мета зусиль вчених – встановити місцезнаходження генів

спадкових захворювань людини, дослідити механізми виникнення раку.

Про усе ви більше дізнаєтесь з наступного матеріалу.

КРОК ТРЕТІЙ: навчасось.

Генотип людини як цілісна інтегрована система

Ви вже ознайомилися з основними закономірностями успадкування ознак за законами Менделя (тобто, успадкуванням *менделюючих ознак*). Може скластися враження, що генотип складається з механічної суми окремих, незалежно діючих генів, кожен з яких визначає розвиток тільки своєї ознаки. Насправді це не так. Більшість ознак організму (фенотип) визначається переважно декількома неалельними генами (полігенами), і навпаки, один ген може контролювати деякі ознаки. Крім того, дія гена може бути змінена сусідством інших генів і умовами зовнішнього середовища. Отже, в онтогенезі діють не окремі гени, а працює цілісна система генотипу зі складними зв'язками і взаємодіями алельних і неалельних генів. Фенотип – це результат взаємодії генів усього генотипу із зовнішнім середовищем в онтогенезі особини.

Моногенне та полігенне успадкування ознак у людини. Типи взаємодії генів та їхня роль у формуванні фенотипу.

Моногенне успадкування – це таке успадкування, при якому ознака контролюється лише одним геном; тобто, прояв ознаки визначається взаємодією його алелів, один з яких домінує над іншим. Розрізняють наступні типи моногенного успадкування ознак: аутосомно-домінантний (стан ознаки визначає домінантний алель), аутосомно-рецесивний (стан ознаки визначає рецесивний алель), успадкування зчеплене зі статтю. При аутосомному успадкуванні ген досліджуваної ознаки розташований в аутосомі (нестатевій хромосомі), при зчепленому із статтю успадкуванні – в статевій хромосомі (X, або Y).

Полігенне успадкування – це таке успадкування, при якому прояв ознаки визначається взаємодією декількох неалельних генів (полігенів). Прояв неалельної взаємодії у фенотипі спостерігають у вигляді комплементарної дії генів, полімерії, епістазу.

Взаємодія генів – це одночасна дія декількох генів. Розрізняють **два типи взаємодії генів** – взаємодія алельних генів (генів однієї алельної пари) і взаємодія неалельних генів (генів різних алельних пар)

Проте не слід розуміти взаємодію генів як їх безпосередню фізичну взаємодію. В цитоплазмі відбувається взаємодія між білками / ферментами, синтез яких кодується генами, або між речовинами, які утворюються під впливом цих ферментів. Саме взаємодія первинних і вторинних продуктів роботи генів формує фенотип.

Типи взаємодії алельних генів мають різні форми прояву у фенотипі: повне і неповне домінування, наддомінування, кодомінування.

Повне домінування – переважання в фенотипі гетерозиготного організму (Aa) одного алеля (домінантного, A) над іншим алелем (рецесивним, a) того самого гена. Явище повного домінування спостерігалося в дослідах Г. Менделя, де один алельний ген завжди домінуючий, інший – рецесивний. Тому насіння гороху за кольором завжди було або жовтим, або зеленим. Прикладами повного домінування у людини є успадкування менделюючих ознак, серед яких : ямочки на щоках, здатність згортати язик трубочкою, наявність ластовиння, вільна мочка вуха, а також багато спадкових хвороб: полідактилія, ахондроплазія, муковісцидоз, міопія, синдром Марфана та ін. У випадку повного домінування домінуюча гомозигота (AA) і гетерозигота (Aa) мають однаковий фенотип (мал. 149).

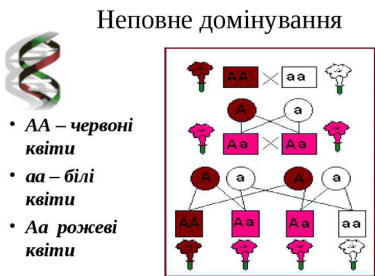
Наддомінування – сильніший прояв домінуючого алеля в гетерозиготному стані (Aa), ніж у гомозиготному (AA). Так, у дрозофілі при генотипі AA – нормальна тривалість життя; Aa – подовжена тривалість життя; aa – особина нежиттєздатна.

Неповне домінування – форма взаємодії алельних генів, при якій у гетерозиготного організму домінуючий алель не проявляє повністю своєї домінуючості, а рецесивний алель того самого гена – своєї рецесивності. При неповному домінуванні фенотип гетерозиготи (Aa) є проміжним між фенотипом домінуючої (AA) і рецесивної (aa) гомозигот. Так, у схрещуванні нічної красуні з червоними квітками (AA) і нічної красуні з білими квітками (aa), всі гібриди (Aa) першого покоління F_1 мали рожеве забарвлення квіток. У схрещуванні гібридів першого



Мал. 149. Успадкування менделюючих ознак людини: 1) наявність ластовиння (домінантна); 2) здатність згортати язик трубочкою (домінантна); 3) ямочки на щоках (домінантна); 4) мочка вуха: а – закріплена (рецесивна), б – вільна (домінантна); 5, 6) рецесивні спадкові хвороби: полідактилія (б і більше пальців), ахондроплазія (карликовість, великий череп з виступаючою потилицею, сідлоподібний ніс, вкорочені та потовщені кістки)

покоління F_1 між собою ($Aa \times Aa$) у другому поколінні F_2 відбувається розщеплення за фенотипом у співвідношенні $1:2:1$, яке співпадає із співвідношенням розщеплення за генотипом $1AA:2Aa:1aa$, але відхиляється від розщеплення за фенотипом при повному домінуванні ($3:1$).



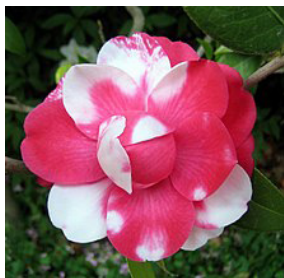
Мал. 150. Неповне домінування

За аутосомно-рецесивним типом (з неповним домінуванням) успадковуються серпоподібна-клітинна анемія, цистинурія, таласемія та деякі інші хвороби людини. При серпоподібно-клітинній анемії порушується утворення білка гемоглобіну і він набуває патологічної форми – гемоглобін S. Еритроцити, які містять

гемоглобін S, під мікроскопом мають характерну серпоподібну форму (форму серпа), за що ця гемоглобінопатія і отримала свою назву. Серпоподібно-клітинна анемія поширена в регіонах світу, ендемічних по малярії, причому хворі на цю анемією мають підвищену вроджену стійкість до зараження різними штамми малярійного плазмодію.

Кодомінування – взаємодія алельних генів, при якій жоден з генів не пригнічує інший, вони рівноцінні. Якщо два кодомінантні гени знаходяться в одному генотипі, вони обидва виявляються у фенотипі. Прикладом є система груп крові ABO людини, яка успадковується за типом множинних алелей одного аутосомного гена, локус якого позначається літерою I (від слова ізогемаглютиноген) (мал. 151 б). Ген один, а множинних алелей – три: I^A , I^B , I^0 . Алелі I^A , I^B домінують над алелем I^0 ($I^A > I^0$, $I^B > I^0$), а між собою вони кодомінантні ($I^A = I^B$).

Взаємодія неалельних генів. Розрізняють наступні основні типи взаємодії неалельних генів: комплементарність, епістаз, полімерію і модифікуючу дію (плейотропію). При цьому має місце суттєве відхилення від класичної менделівської формули розщеплення за фенотипом для дигібридного схрещування (9:3:3:1), тобто, можуть бути незвичайні розщеплення 9:3:4; 9:6:1; 13:3; 12:3:1; 15:1.

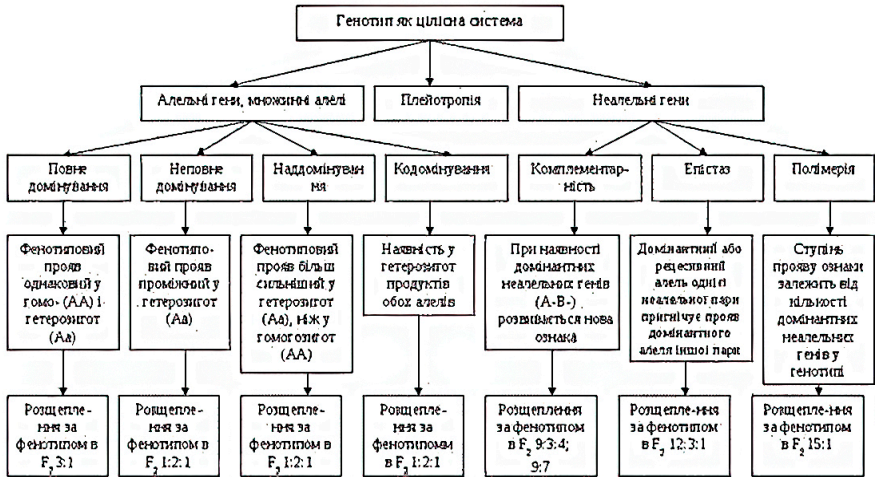


а)



б)

Мал. 151. Фенотиповий прояв кодомінантної взаємодії генів: а) квітка рододендрону (*Rhododendron*); б) четверта група крові (генотип $I^A I^B$) успадковується за типом кодомінування; групи крові A(II) і B(III) успадковуються за аутосомно-домінантним типом; 0 (I) група – за аутосомно-рецесивним типом

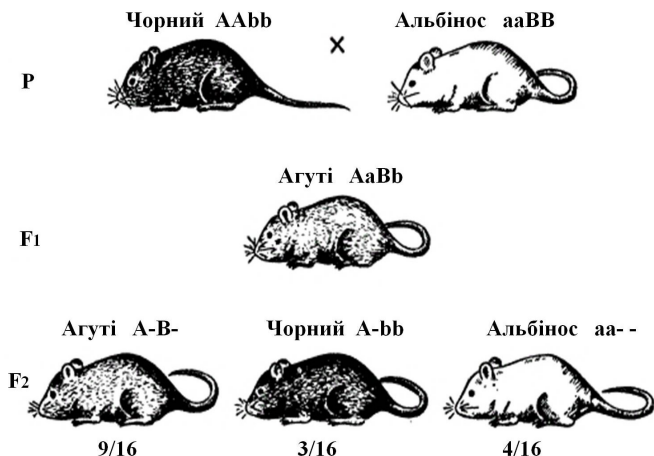


Мал. 152. Взаємодія генів

Комплементарність – це такий вид взаємодії неалельних генів, коли один домінуючий ген доповнює дію іншого неалельного домінуючого гена, і вони разом визначають нову ознаку, яка відсутня у батьків. Комплементарна дія генів спостерігається у випадках, коли неалельні гени окремо не проявляють своєї дії, але при одночасній присутності в генотипі зумовлюють розвиток нової ознаки. При цьому ознака розвивається в результаті взаємодії двох ферментів, утворених під контролем двох неалельних генів.

Наприклад, сіре забарвлення шерсті («агуті») у мишей виявляється тільки в присутності обох домінуючих неалельних генів (*A* і *B*). Ген *A* контролює синтез пігменту, ген *B* забезпечує скупчення пігменту переважно біля основи і на кінчиках волосся. Якщо немає хоча б одного з них (генотип *aaBB*), або відсутні обидва (*aabb*) – будуть альбіноси. Схрещування дигетерозигот (*AaBb* x *AaBb*) призводить до розщеплення гібридів у співвідношенні 9:3:4 (9 «агуті»: 3 чорна шерсть: 4 біла шерсть), що видозмінює менделівське розщеплення. Мал. 153.

Комплементарна взаємодія неалельних генів у людини наявна у системах забезпечення зору, рівноваги, смаку тощо. Прикладом комплементарної взаємодії генів у людини може бути також синтез



Мал. 153. Комплементарна дія двох неалельних домінантних гени (A, B)

захисного білка – інтерферону. Його утворення в організмі пов'язано з комплементарною взаємодією двох неалельних генів, розташованих у різних хромосомах.

Епістаз – це такий вид взаємодії генів, при якому алель одного гена (епістатичний ген, супресор) пригнічує дію іншого гена (гіпо-статичного) неалельного до нього. Розрізняють домінантний епістаз ($A > B$) та рецесивний ($aa > B$ або $aa > bb$). За рецесивного епістазу рецесивний алель одного гена в гомозиготному стані (aa) не дає виявитися будь-якій комбінації алелей іншого гена (BB, Bb, bb). Прикладом дії рецесивного гена-супресора є т. зв. «бомбейський феномен» – випадок, коли рідкісний рецесивний алель h у гомозиготному стані (hh) пригнічує активність генів I^B чи I^A . Для фенотипового прояву алелей I^A та I^B необхідна присутність домінантного алеля H , який визначає синтез попередника антигенів A та B . «Бомбейський феномен» за умов поєднання в генотипі $I^B I^B hh$, $I^A I^B hh$, ідентифікується реакцією аглютинації як I (перша, нульова) групи крові ($i^0 i^0$), оскільки антигенів A чи B немає (не синтезуються). Тобто, порушується класичне розуміння груп крові за системою ABO : індивід, у якого наявний алель I^B або I^A в нормі має III ($I^B I^B, I^B i^0$) або IV групу крові ($I^A I^B$). Інколи «бомбейський феномен» умовно називають п'ятою групою крові, оскільки таким

людям (яких у мільярдній Індії понад 0,01%) можна переливати тільки таку ж кров (будь-яку іншу організм вважатиме чужорідною, і процедура переливання може призвести до смерті).

Полімерія (полігенне успадкування, полімерна дія генів) – явище прямої залежності ступеня прояву однієї ознаки від дії декількох неалельних генів. Такі гени називають полімерними і позначають однаковими літерами з цифровими індексами, наприклад, $A_1, a_1; A_2, a_2; A_3, a_3$ тощо. Полігенне успадкування властиве для кількісних ознак, які утворюють безперервний ряд варіацій. У людини до таких ознак відноситься зріст, вага тіла, колір шкіри. Чим більша кількість неалельних генів контролює розвиток однієї ознаки, тим менш помітні переходи між фенотипами. Зокрема, пігментація шкіри в людини визначається 5-ма парами полімерних генів (мал. 154).

У генотипі негроїдної раси наявні переважно домінантні алелі ($P_1P_1P_2P_2P_3P_3P_4P_4P_5P_5$), у представників європеїдної раси – рецесивні ($p_1p_1p_2p_2p_3p_3p_4p_4p_5p_5$). Від шлюбу негра і білої жінки народжуються діти з проміжним кольором шкіри – мулати ($P_1p_1P_2p_2P_3p_3P_4p_4P_5p_5$). Якщо подружжя – мулати, то у них можливе народження дітей з пігментацією шкіри від максимально світлої до максимально темної. Підсумовування «доз» полімерних генів забезпечує існування неперервних рядів кількісних змін.



Мал. 154. Варіації кольору шкіри залежно від кількості неалельних генів

При вивченні дії багатьох генів встановлено, що кожен з них впливає не на одну, а на декілька різних ознак. Це явище отримало назву плейотропної.

Плейотронія – множинна дія гена; здатність гена впливати на розвиток кількох ознак (впливати на функції неалельних йому генів). Це явище помітив ще Г. Мендель, який вказав на існування факторів, які контролюють колір квіток у гороху, а також колір насіння і червоні плями на прилистках. Прикладом плейотропної дії гена у людини є *синдром Марфана* – захворювання, яке успадковується за аутосомно-домінантним типом. Його симптомами є арахнодактилія («пальці павука»), високий зріст унаслідок сильного видовження кінцівок, надмірна рухливість суглобів, короткозорість, спричинена підвищенням кришталика, та аневризма аорти. Синдром з однаковою частотою трапляється у чоловіків і жінок. Основою симптомів є порушення розвитку сполучної тканини, що виникає на ранніх етапах онтогенезу і призводить до множинних фенотипових проявів.

Наведені приклади взаємодії алельних і неалельних генів доводять, що генотип є цілісною системою, в якій спостерігається взаємозв'язок та взаємодія генів.

Позахромосомна (цитоплазматична) спадковість у людини

Як ви пам'ятаєте, мітохондрії мають власний спадковий матеріал – кільцеву молекулу ДНК (мал. 78.) Оскільки сперматозоїди не передають своїх мітохондрій при заплідненні, то до зиготи мітохондрії потрапляють з цитоплазмою яйцеклітини. Ознаки, які заковані в генах мітохондрій, можуть проявитись у фенотипах особин обох статей, однак успадковуються по материнській лінії. Мітохондріальні генетичні зміни можуть викликати втрату зору у центральній частині зорового поля, утворення доброякісної пухлини нирок, деякі психічні і м'язові розлади.

Мутації в ДНК мітохондрій знайдені в найпростіших, дріжджів, тварин. Пластиди в рослинній клітині також мають свій генетичний апарат. Відомі мутації ДНК хлоропластів, що призводять до плямистості листків. У кукурудзи існують сорти з чоловічою стерильністю, яка передається через цитоплазму яйцеклітин; такі сорти широко ви-

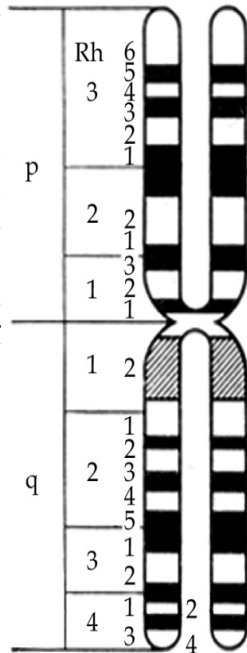
користуються в сільському господарстві при лінійних схрещуваннях для отримання гібридів з підвищеною врожайністю. При цитоплазматичній спадковості не виконуються закономірності успадкування за Г. Менделем.

Останнім часом аналіз мітохондріальної ДНК використовується в дослідженнях походження і поширення людини на планеті, вивченнях генетичної структури виду *Homo sapiens*, його окремих рас, етносів і популяцій.

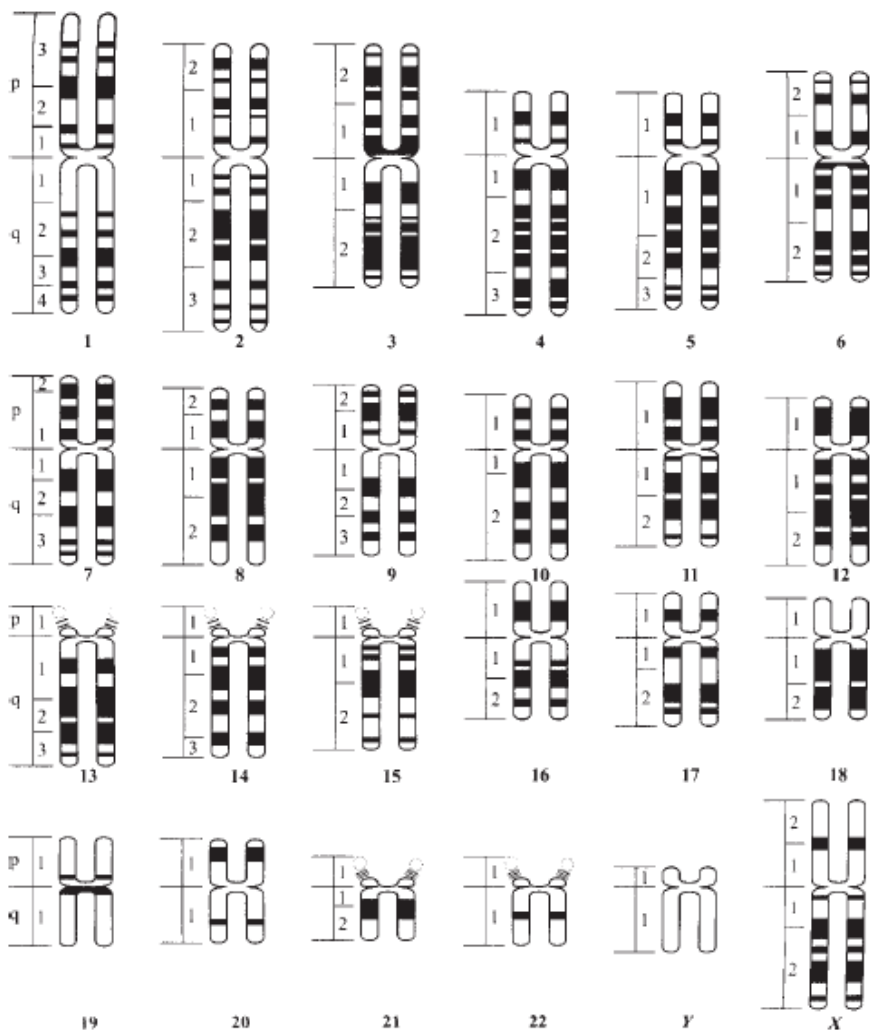
Сучасний стан досліджень геному людини.

Каріотип людини візуально часто представляють у вигляді каріограми – повного набору посмуговано забарвлених хромосом (мал. 155). Опис хромосом здійснюють відповідно до міжнародної номенклатури (мал. 156).

Міжнародний проєкт «Геном людини» (Human Genome Project) – розпочався у 1990 році, у 2003 опубліковано повний перелік послідовності нуклеотидів ДНК людини, нині триває додатковий аналіз окремих ділянок хромосом. У проєкті були задіяні тисячі фахівців із усього світу: біологи, хіміки, математики, фізики, програмісти й техніки. Мета проєкту – визначити нуклеотидну послідовність геному людини, показати точне положення генів у хромосомах (створити генетичну карту геному), ідентифікувати фізіологічну роль окремих генів людини, а також модельних організмів (бактерії



Мал. 155. Послідовність опису першої хромосоми геному людини відповідно до міжнародної номенклатури: 1 – порядковий номер аутосоми; *p* – коротке плече; *q* – довге плече; в плечах нумерують світлі і темні сегменти (по порядку від центромери до теломер). Кожен сегмент (смуга) умовно вважається геном. Наприклад, ген ахондроплазії (фенотип хворого див. мал. 149. 6.) позначається 4p16.3 і читається так: третя смуга шістнадцятої ділянки короткого плеча четвертої хромосоми



Мал. 156. Маркування ділянок 46 хромосом людини за комплексами забарвлених поперечних міток (смуг)

Escherichia coli, дрозофіли, хатньої миші). Дослідження модельних об'єктів необхідне для розуміння механізмів функціонування генів людини.

Геном людини в розрахунку на гаплоїдний набір хромосом складається з 3,2 мільярдів пар нуклеотидів ДНК, в яких міститься лише 20-25 тисяч кодуєчих генів. Це сукупність всіх генів і міжгенних ділянок виду *Homo sapiens*.

Геном людини – це сукупність всіх генів і міжгенних ділянок біологічного виду *Homo sapiens*, що складається з 23 пар хромосом : 22 аутосомних (нестатевих) і однієї пара статевих хромосом (X + Y). Підкреслимо, що геном галоїдного набору хромосом складається з 3,2 мільярдів пар нуклеотидів ДНК, в яких міститься до 20-25 тисяч кодуєчих генів. Повний каріотип, тобто диплоїдний набір хромосом, містить вдвічі більше ДНК і генів відповідно. Одержані дані свідчать, що лише 2% довжини ДНК (генів геному) кодує білки, решта 98% – регулює експресію генів і їх зв'язки між собою.

Лише 2% генів геному кодує білки, решта 98% – регулює експресію генів і їх зв'язки між собою.

Цей висновок вважається найвагомішим досягненням останнього десятиріччя в медичній біології, оскільки спрямовує зусилля вчених на дослідження регуляторних генів при вивченні багатьох спадкових захворювань та механізмів виникнення раку. Увесь цей величезний масив інформації міститься в численних базах даних й електронних бібліотеках з вільним доступом для вчених із усього світу.

ДИЗНАЙТЕСЯ БІЛЬШЕ

Ідея реалізації проекту «Геном людини» на перспективу – практичний вихід на розшифровку ДНК окремих людей в максимально короткий термін і за розумну ціну. Йдеться про лікарський ідеал – «лікувати не хворобу, а хворого», тобто втілення мрії про персоналізовану медицину, коли діагностика й лікування могли б повністю враховувати генетичну індивідуальність людини. Якщо одержати повний генетичний профіль конкретної людини, то це уможливить оцінити її вроджені схильності до прояву певних хвороб і підбудувати медикаментозну терапію під генетичні особливості.

Опорні точки (висновки).

- Взаємодія генів – це одночасна дія декількох генів. Розрізняють два типи взаємодії генів – взаємодія алельних генів (генів од-

нієї алельної пари) і взаємодія неалельних генів (генів різних алельних пар).

- У разі, коли наявність однієї ознаки визначають декілька генів (алелей), має місце взаємодія алельних генів.
- Розрізняють кілька типів взаємодії алельних генів: повне домінування, неповне домінування, кодомінування.
- За умов повного домінування відбувається взаємодія двох алелей одного гена таким чином, що один з генів повністю виключає прояв іншого.
- Неповне домінування – тип взаємодії, при якому гетерозиготне покоління має фенотип, який відрізняється від фенотипу обох гомозиготних батьківських форм. Прояв ознаки буде проміжним.
- Кодомінування – явище за участю двох алелів у визначенні ознаки у гетерозиготного організму.
- Наддомінування – явище, коли домінуючий ген у гетерозиготному стані виявляється сильніше, ніж у гомозиготному.
- Розрізняють такі основні типи взаємодії неалельних генів: комплементарність, епістаз, полімерію і модифікуючу дію (плейотропію).
- Комплементарність – тип взаємодії неалельних генів, коли один домінуючий ген доповнює дію іншого неалельного домінуючого гена, і вони разом визначають нову ознаку.
- Епістаз – взаємодія неалельних генів, за якої один ген пригнічує дію іншого неалельного гена.
- Полімерія – визначення ознаки декількома неалельними генами (полігенами).
- Плейотропія – це залежність кількох ознак від одного гена, тобто множинна дія одного гена.
- Взаємодія генів доводить, що генотип є цілісною системою.
- Мітохондрії та пластиди мають власний спадковий матеріал – кільцеву молекулу ДНК, яка визначає цитоплазматичну спадковість. При цитоплазматичній спадковості не виконуються закономірності успадкування за Г. Менделем.
- Геном людини – це сукупність всіх генів і міжгенних ділянок біологічного виду *Homo sapiens*, що складається з 23 пар хромо-

сом: 22 аутосомних (нестатевих) і однієї пара статевих хромосом ($X + Y$).

- Міжнародний проєкт «Геном людини» (*Human Genome Project*) спрямований на визначення нуклеотидної послідовності геному людини, точного положення генів у хромосомах, ідентифікацію фізіологічної ролі окремих генів людини, а також модельних організмів.

КРОК ЧЕТВЕРТИЙ: відтворюємо.

1. Наведіть приклади взаємодії алельних генів.
2. В чому полягає особливість успадкування груп крові у людини?
3. Що таке компліментарність?
4. Наведіть приклади епістатичної дії генів.
5. Як успадковується колір шкіри людини?
6. Що таке плейотропна дія гена?

КРОК П'ЯТИЙ: застосовуємо.

Розв'яжіть задачі.

1. Таласемія успадковується як неповністю домінантна аутосомна ознака. У гомозигот захворювання закінчується смертю в 90-95% випадків, в гетерозигот – протікає у відносно легкій формі. Яка ймовірність народження здорових дітей в сім'ї, в якій один з батьків страждає легкою формою таласемії, а другий – нормальний щодо аналізованої ознаки? Яка ймовірність народження здорових дітей в сім'ї, в якій обоє батьків страждають легкою формою таласемії?

2. У матері I група крові, а в батька – IV. Чи можуть діти успадкувати групу крові одного з батьків?

3. Зріст людини контролюється трьома парами незчеплених генів, які взаємодіють за типом полімерії. Низькорослі люди мають всі рецесивні гени і їх ріст становить 150 см, високі – всі домінантні з зростом 180 см. Визначте зріст людей гетерозиготних за трьома парами генів.

КРОК ШОСТИЙ: пропонуємо, формулюємо гіпотези та шляхи їх розв'язання.

1. Серпоподібно-клітинна анемія успадковується як ознака з неповним домінуванням. Гомозиготні індивідууми рано помирають, гетерозиготні життєздатні і мають особливу форму гемоглобіну. Маля-

рійний плазмодій не здатний житися цим гемоглобіном, тому люди з гетерозиготним генотипом не хворіють на малярію. Яка ймовірність народження дітей, стійких до малярії, у родині, де один із батьків гетерозиготний, а другий нормальний щодо цієї ознаки? Яка ймовірність народження дітей, нестійких до малярії, у родині, де обоє батьків є стійкими до цієї хвороби?

2. У пологовому будинку переплутали двох дівчаток . Батьки однієї з них мають I та II групу крові, батьки іншої – II та IV. Лабораторний аналіз показав, у однієї з дівчаток – I група крові, у другої - II. Визначте, хто чия дочка.

3. Від шлюбу людей негроїдної та європеїдної рас народжуються мулати. Аналіз нащадків від шлюбів між мулатами складає 1:4:6:4:1. За фенотипом це чорношкірі та білошкірі нащадки, мулати, а також темні та світлі мулати. Визначте кількість генів, що обумовлюють колір шкіри, характер їх взаємодії, генотипи батьків та їх нащадків.

КРОК до ЗНО.

1. Плейотропія це – явище:

а) множинної дії гена; б) відсутності прояву гена; в) неповного домінування; г) полімерної дії генів

2. Менделююча ознака – це:

а) ознака, яка визначається зчепленими генами; б) спадкова ознака, яка визначається одним геном; в) ознака, яка визначається двома взаємодіючими неалельними генами; г) ознака, яка визначається двома і більше взаємодіючими неалельними генами; д) ознака, яка визначається двома і більше взаємодіючими алельними генами.

3. Назвіть полігенну ознаку у людини:

а) група крові; б) колір очей; в) колір волосся; г) ріст.

4. Назвіть тип взаємодії неалельних генів:

а) повне домінування; б) полімерія; в) кодомінування; г) неповне домінування.

4. Полімерія – це:

а) одна з форм взаємодії неалельних генів, при якій алелі одного гена пригнічують прояв алелів інших генів; б) одна з форм

- взаємодії неалельних генів, при якій розвиток певної ознаки зумовлений впливом кількох генів, що підсилюють її прояв в домінантному стані; в) явище, при якому декілька ознак організму контролюються дією одного гена; г) вид взаємодії алельних генів.
5. Прикладом кодомінування в людини є:
- а) успадкування генів, що зумовлюють четверту групу крові;
 - б) успадкування генів, що зумовлюють колір очей; в) успадкування генів, що зумовлюють високий зріст; г) успадкування генів, що зумовлюють секрецію грудного молока.
6. Прикладом полімерії є:
- а) успадкування кольору шкіри в людини; б) успадкування полідактилії; в) успадкування гемофілії; г) успадкування груп крові
7. У людини полідактилія (*A*) й короткозорість (*B*) - домінантні ознаки. Визначте кількість пальців і гостроту зору в людини із генотипом *aabb*:
- а) п'ять пальців і нормальний зір; б) полідактилія й короткозорість; в) п'ять пальців і короткозорість; г) полідактилія й короткозорість.
8. У людини нормальна пігментація шкіри (*C*) домінує над альбінізмом (*c*), наявність ластовиння (*P*) над його відсутністю (*p*). Визначте фенотип людини із генотипом *ccPp*:
- а) нормальна шкіра й ластовиння; б) альбінізм і ластовиння; в) нормальна шкіра без ластовиння; г) альбінізм без ластовиння.
9. Гетерозиготні батьки мають II й III групи крові. Які групи можливі у їхніх дітей?
- а) I та II; б) II; в) II та III; г) I, II, III, IV.

Наука – практиці.

Класичний приклад плейотропії – спадкова хвороба людини фенілкетонурія (ФКУ). Захворювання викликано мутацією в єдиному гені, що кодує фермент фенілаланінгідролазу, який каталізує реакцію перетворення амінокислоти фенілаланін на іншу амінокислоту – тирозин. Якщо перетворення не відбувається, то накопичуються метаболіти, які викликають затримку розумового розвитку та інші порушення.

Генеалогічний метод діагностики дозволяє, склавши родовід, визначити генотип членів родини хворого на ФКУ, ймовірність народження

хворих дітей. Для практичної діагностики ФКУ використовують якісні та кількісні методи виявлення патологічних метаболітів у сечі, визначення концентрації фенілаланіну у крові. Зокрема, за допомогою дітей перевіряють на рівень фенілаланіну до виписки з пологового будинку. Аналіз крові береться шляхом проколювання п'ятки новонародженого.

Головним способом лікування є обмеження надходження в організм фенілаланіну з їжею. При ранній діагностиці це гарантує нормальний психічний стан дитини. Крім дієтотерапії необхідний постійний медичний контроль за розумовим і фізичним розвитком дитини.

§ 27. МОДИФІКАЦІЙНА МІНЛИВІСТЬ

Терміни та поняття: форми мінливості, модифікаційна мінливість, норма реакції, варіаційний ряд, варіаційна крива.

КРОК ПЕРШИЙ: пригадуємо.

Що таке мінливість? Наведіть приклади прояву мінливості в людини. Чому люди одного віку мають різний зріст? Наведіть приклади пристосування тварин до сезонних змін. Наведіть приклади змін зовнішнього вигляду рослин під впливом факторів неживої природи.

КРОК ДРУГИЙ: визначаємось (крок у майбутнє).

У роботі «Походження видів» творець теорії еволюції Чарлз Дарвін визначив та описав дві форми мінливості організмів. Одну з них він назвав визначеною, груповою, неспадковою, а другу – невизначеною, індивідуальною, спадковою. Матеріал підручника допоможе розібратись вам у різних проявах цієї мінливості й усвідомити її біологічне значення.

КРОК ТРЕТІЙ: навчаємось.

Мінливість – здатність живих організмів набувати нових ознак, відмінних від предків, у процесі індивідуального розвитку; різноманітність ознак представників певного виду під час взаємодії з навколишнім середовищем.

Розрізняють дві *форми мінливості* – спадкову (генотипову) і неспадкову (фенотипову) (мал. 157). Перша пов'язана зі зміною генотипу, друга – фенотипу.



Мал. 157. Форми мінливості

Модифікаційна (фенотипова) мінливість. Формування фенотипу – це результат спільної дії генів та середовища. З’ясування співвідносної ролі генотипу й умов довкілля у формуванні фенотипу організмів є однією з головних проблем генетики. Серед перших дослідників, хто вивчав цю проблему, був швейцарський і німецький ботанік Карл Вільгельм Негелі (1817–1891 рр.).

Модифікаційна (фенотипова) мінливість – мінливість, яка виникає в організмів у результаті зміни експресії генів під впливом умов середовища, утворює різноманітні фенотипи і не пов’язана зі зміною генотипу.

Модифікаційні зміни (модифікації) – це реакції організмів на зміну інтенсивності дії певних чинників довкілля. Модифікації мають адаптивний

(приспосувальний) характер і важливі для виживання організмів, відіграючи істотну роль у збереженні виду. Виникнення модифікацій пов’язане з тим, що умови середовища впливають на ферментативні реакції, які відбуваються в організмі, і певним чином змінюють їх перебіг. Отже, фактори довкілля здатні регулювати активність генів та синтез ними специфічних білків і продуктів вторинного обміну (пігментів, вуглеводів тощо), функції яких найбільше відповідають середовищу (мал. 158).



Мал. 158. Модифікація кольору хутра, зумовлена впливом зовнішніх і внутрішніх факторів

Види модифікаційної мінливості. Розрізняють вікову, географічну, екологічну та штучну модифікаційну мінливість.

Прикладом *вікової мінливості* є зовнішні зміни, коли людина набирає або втрачає вагу, тренує м’язи, засмагає тощо, але спадково ці ознаки не передаються. Прикладом *географічної мінливості* є відмінність у

забарвленні ласки – виду, який мешкає в різних регіонах України. У південних форм білий колір хутра трапляється тільки на череві та грудях, і взимку колір хутра не змінюється. У північних і східних форм тварин хутро світлішого кольору й взимку вони стають повністю білими.

Найчастіше можна спостерігати прояви *екологічної мінливості* в організмів одного виду, які пристосовуються до змін умов середовища. Наприклад, сосни (мал. 159) та кульбаби (мал. 160), які ростуть у різних умовах.



Мал. 159. Сосна, що виросла:
а) на відкритому просторі;
б) у лісі; в) біля болота



Мал. 160. Кульбаба: ліворуч – та, що виросла в умовах нестачі вологи; праворуч – та, яка виросла в умовах нормального зволоження

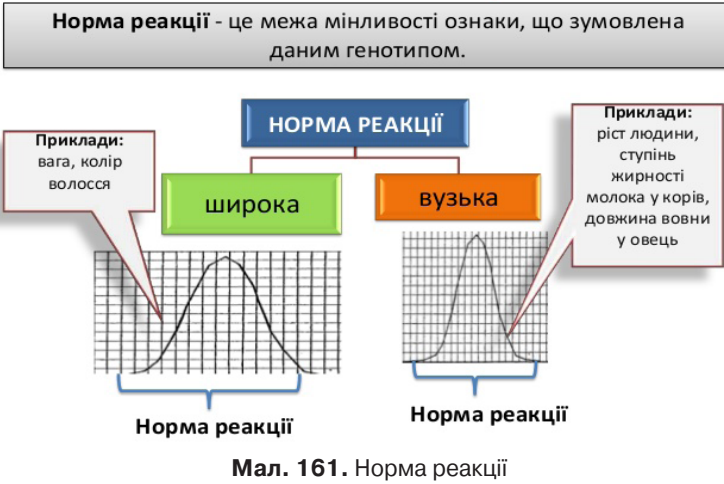
Прикладом *штучної модифікації* є формування крони деревної рослини людиною. Модифікації непостійні й можуть зникати протягом життя однієї особини, якщо припиняється дія чинника, який їх викликав.

Модифікаційна мінливість підпорядковується статистичним закономірностям. Основними характеристиками цих закономірностей є норма реакції (мал. 161), варіаційний ряд та варіаційна крива.

Норма реакції – межі, в яких залежно від умов зовнішнього середовища може змінюватися фенотиповий прояв окремих генів або генотипу в цілому. Модифікації не успадковуються, але успадковується норма реакції. Виокремлюють такі різновиди норми реакції в людині: широкую (маса тіла, пігментація шкіри, ступінь розвитку скелетних м'язів); вузьку (рН крові, розмір серця або головного мозку).

Для вивчення норми реакції використовують генетично однорідний матеріал, який вміщують у різні умови зовнішнього середовища.

НОРМА РЕАКЦІЇ



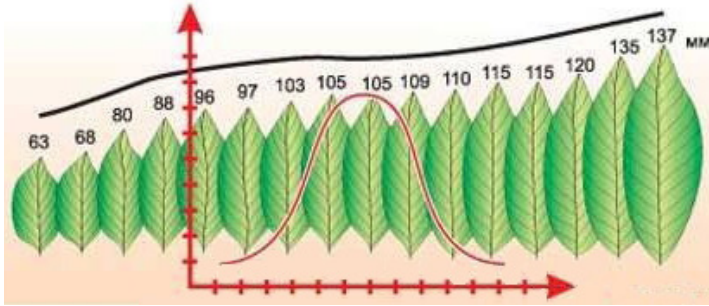
Мал. 161. Норма реакції

Однорідним матеріалом у людини є однойцеві близнюки, тому близнюковий метод використовується для оцінювання впливу спадковості та середовища на розвиток ознак.

Статистичні закономірності модифікаційної мінливості. Для визначення цих закономірностей слід проаналізувати поведінку ознаки під час певної сукупності спостережень, яка називається *вибіркою*. Чим вибірка більша, тим закономірність (або її відсутність) буде з'ясована з більшою певністю. На підставі даних вибірки будують ряд мінливості ознаки, або варіаційний ряд.

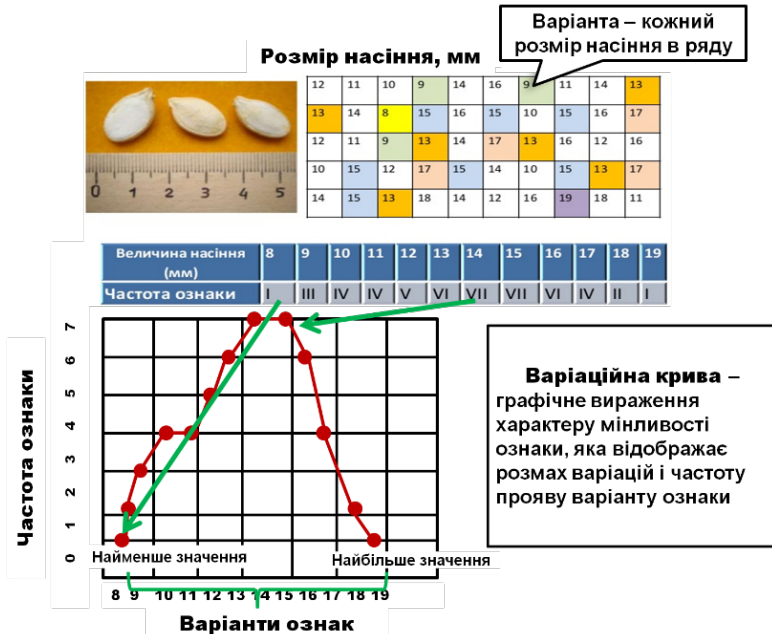
Варіаційний ряд – послідовність кількісних показників певного варіанта ознаки, розміщених у порядку зростання або зменшення (розміри листка чи насіння, вага тіла, інтенсивність забарвлення хутра та ін.).

Отже, варіаційним рядом фактично є ранжоване відображення прояву модифікаційної мінливості (мал. 161). Довжина ряду свідчить про розмах модифікаційної мінливості (чим стабільніші умови, тим ряд коротший). Найбільша кількість варіантів припадає на середину ряду, тобто середнє значення ознаки (105,5 мм). Це пояснюється тим, що мінімальне (63 мм) і максимальне (137 мм) значення ознаки зумовлені дією зовнішніх (екологічних) і внутрішніх факторів.



Мал. 161. Варіаційний ряд мінливості розмірів листків

Особливості варіаційного ряду можна зобразити графічно, у вигляді варіаційної кривої (мал. 162). Варіаційна крива є графічним виразом модифікаційної мінливості, вона відображає амплітуду варіацій. За формою варіаційної кривої можна визначити норму реакції (широка чи вузька) й, відповідно, діапазон адаптивної мінливості організму.



Мал. 162. Варіаційна крива

Для характеристики мінливості ознаки вираховують *середнє значення варіації ознаки* (M) за формулою:

$$M = \Sigma (v \cdot p) / n,$$

де M – середнє значення варіації ознаки; v – варіанта; p – частота прояву варіанти; n – загальна кількість варіант.

Таким чином, модифікаційна мінливість – це закономірне біологічне явище, яке постійно супроводжує спадковість організмів. Межі мінливості називають нормою реакції. Норма реакції зумовлена генотипом. Довжина варіаційного ряду та розмах модифікаційної мінливості залежать від умов середовища. Чим вони стабільніші, тим коротший варіаційний ряд. Модифікаційні зміни мають адаптивний характер і допомагають пристосуватись до змін умов середовища, вижити й залишити потомство.

Знання закономірностей модифікаційної мінливості має практичне значення, оскільки дає змогу передбачати й заздалегідь планувати максимальне використання можливостей кожного сорту рослин і породи тварин. Зокрема, їхню високу продуктивність забезпечує створення наперед відомих оптимальних умов для реалізації генотипу .

КРОК ЧЕТВЕРТИЙ: відтворюємо.

1. Назвіть форми мінливості. Що таке модифікаційна мінливість?
2. Дайте визначення понять «норма реакції», «варіаційний ряд» і «варіаційна крива».

§ 28. СПАДКОВА (ГЕНОТИПОВА) МІНЛИВІСТЬ ТА ЇЇ ФОРМИ

Терміни та поняття: спадкова мінливість, комбінативна мінливість, мутаційна мінливість, генні мутації, хромосомні мутації, геномні мутації, мутагени.

КРОК ПЕРШИЙ: пригадуємо.

Що таке спадковість? Які є механізми захисту спадкової інформації від ушкодження? Назвіть етапи реалізації спадкової інформації в клітині. Що таке генетичний код і які його властивості?

КРОК ДРУГИЙ: визначаємось (крок у майбутнє).

Одною із загальних властивостей біологічних систем є їхня здатність відновлювати генетичний матеріал і передавати його потомкам у майже незмінному вигляді. Надзвичайно високу точність відновлення генетичної інформації забезпечують процеси реплікації та репарації ДНК, про що ви дізналися раніше. Але науковим фактом є також існування змін генетичного матеріалу в потомків, що є важливим фактором еволюції. Розглянемо форму мінливості, яка втілюється у змінах спадкового матеріалу.

Спадкова мінливість пов'язана зі змінами в генотипі (отже, зміни успадковуються і зберігаються у ряді поколінь); виникає внаслідок мутацій (мутаційна мінливість) або перекомбінації генів (комбінативна мінливість).

КРОК ТРЕТІЙ: навчаємось.

Виокремлюють дві форми спадкової мінливості: 1) *мутаційна мінливість* – зумовлена зміною в генетичній структурі організму; 2) *комбінативна мінливість* – зумовлена утворенням різних поєднань алельних генів (рекомбінацій).

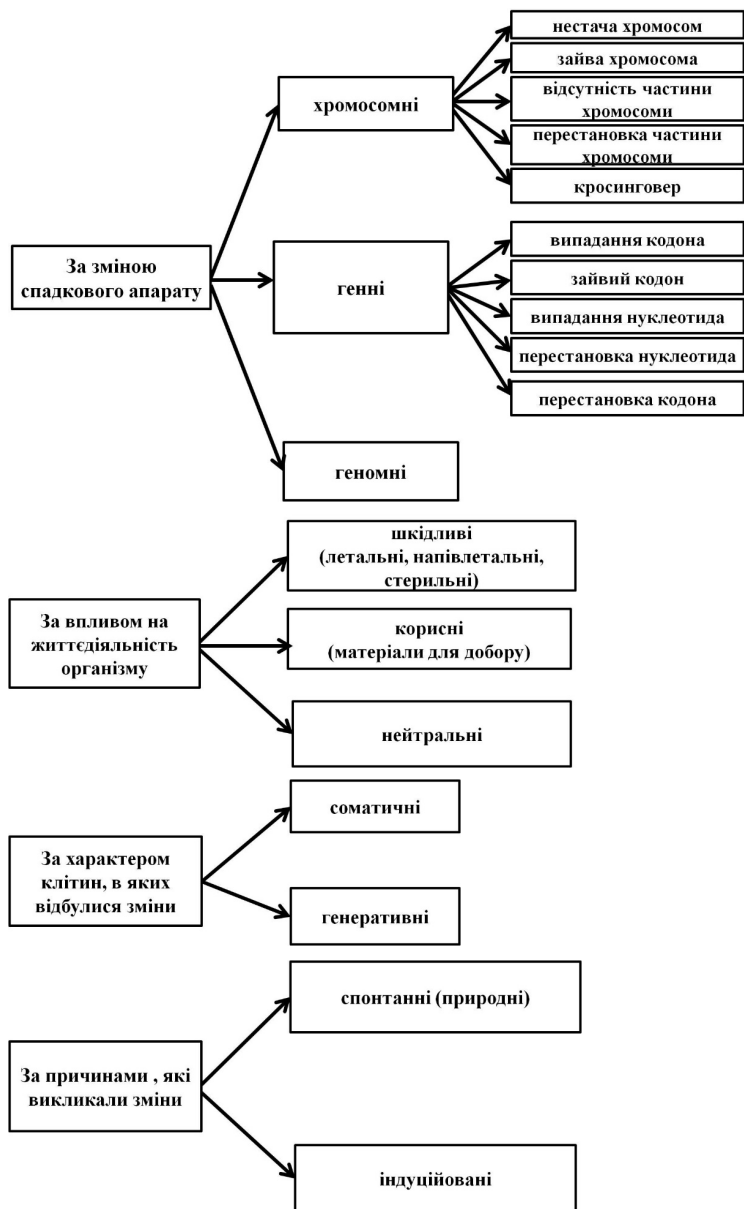
Комбінативна мінливість пов'язана з отриманням нових поєднань генів (рекомбінацій) у потомків, яких не було в генотипі батьків. Джерелами комбінативної мінливості є: 1) незалежне розходження гомологічних хромосом під час мейозу; 2) випадкове поєднання алельних генів при заплідненні; 3) рекомбінації генів завдяки кросинговеру. Комбінативна мінливість визначає різноманітність особин і є необхідною для виду в процесі пристосування до умов середовища.

Основою мутаційної мінливості є мутації. **Мутації** – це випадкові стабільні зміни в генетичному апараті клітини, які успадковуються. Першим почав вивчати мутації Гуго де Фріз, котрий у 1901 р. запровадив термін «мутація» (раптові зміни). Тривалий час причини мутацій залишалися нез’ясованими. Вперше штучні мутації були одержані в 1925 р. генетиками Г. А. Надсоном та Г. С. Філіпповим у дріжджів як результат дії іонізуючого випромінювання радію. У 1927 р. американський генетик Г. Меллер одержав різноманітні мутації у дрозофіли шляхом опромінення комах рентгенівськими променями (мал. 163).



Мал. 163. Мутації у дрозофіли: дика форма (нормальний фенотип, трапляється в природі)

Чинники, здатні спричиняти мутації, називають *мутагенними факторами*. Пошкодження генетичного апарату можуть викликати як внутрішні (продукти життєдіяльності клітини), так і зовнішні фактори середовища. Мутагенний фактор може діяти безпосередньо



Мал. 164. Класифікація мутацій

або опосередковано. Зокрема, доведено безпосередню дію іонізуючого випромінювання на ДНК, яка виявляється у морфо-фізіологічних змінах у клітинах. Опосередкований вплив фактора на ДНК відбувається шляхом започаткування процесів, які врешті-решт призводять до виникнення пошкоджень або гальмування процесу відновлення ДНК (репарації).

Майже всі мутагенні фактори є водночас і канцерогенними (стимулюють розвиток злоякісних пухлин).

Мутагени (речовини, що викликають мутацію) можуть бути хімічної, фізичної і біологічної природи (мал. 165).

Основними властивостями мутагенів є їхня здатність легко проникати в клітини організму, досягати ядра та впливати на структуру й функції генів і хромосом.

Причини мутацій

Хімічні мутагени:

- сильні окисники та відновники (нітрати, нітрити);
- алкілюючі агенти (йодацетамід);
- пестициди (гербіциди, фунгіциди);
- харчові добавки;
- продукти перегонки нафти;
- органічні розчинники;
- ліки зі ртуттю, антидепресанти.



а)

Причини мутацій

Фізичні мутагени:

- іонізуюче випромінювання (α, β, γ - промені, рентгенівські промені, нейтрони);
- радіоактивні елементи (радій, радон, ізотопи К, С);
- ультрафіолетові промені;
- надто висока або низька температура.



Вони призводять до змін хімічних реакцій, спричиняють хімічні перетворення різних сполук, що і є причинами мутацій – частіше генних і рідше хромосомних.

б)

Причини мутацій

Біологічні мутагени:

- віруси (у клітинах, уражених вірусами, мутації спостерігаються значно частіше, ніж у здорових). Вони здатні спричинювати і генні, і хромосомні мутації, так як вводять певну кількість власної генетичної інформації у генотип клітини хазяїна.

- продукти обміну речовин;
- антигени деяких мікробів і паразитів.



в)

Мал. 165. Причини мутацій та групи мутагенів відповідно

Загальні характеристики мутаційної мінливості.

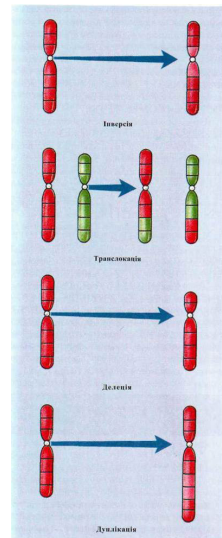
Мутаційна мінливість у всіх її проявах характеризується загальними властивостями: 1) універсальність (мутації відбуваються в усіх живих організмах); 2) неспрямованість (один і той самий мутаген може діяти на різні локуси й спричиняти різні мутації); 3) невизначеність (у неспоріднених організмів можуть виникати подібні мутації і навпаки); 4) індивідуальність (певний мутаген може зумовлювати появу різних мутацій в організмів); 5) за проявом мутації можуть бути корисними та шкідливими, домінантними й рецесивними. Крім того, мутації можуть бути спонтанними (відбуваються у природних умовах самочинно), а також індукованими (викликані дією мутагенів). Спостерігаються соматичні та генеративні мутації.

Соматичні мутації виникають у соматичних клітинах; успадковуються переважно в разі вегетативного розмноження; часто спричиняють генетичну мозаїчність організму. *Мозаїками* (або *химерами*) називають організми, в яких частина клітин несе мутації, а інша – залишається незмінною. Наслідком соматичної мутації в людини може бути *мозаїцизм*, що проявляється у появі білого пасма волосся. У тварин – виникнення різного кольору очей в однієї особини. *Генеративні мутації* виникають у статевих клітинах і передаються наступним поколінням шляхом статевого розмноження. Відомі цитоплазматичні мутації, пов'язані зі змінами в кільцевих молекулах ДНК мітохондрій і хлоропластів.

Розрізняють генні, хромосомні та геномні мутації.

Генні мутації пов'язані із змінами структури ДНК у межах гена. Більшість генних мутацій є рецесивними, що сприяє їх тривалому зберіганню й накопиченню в популяціях у гетерозиготному стані. У майбутньому вони можуть виявитись фенотипово тільки в гомозиготах.

Хромосомні мутації (*хромосомні перебудови, хромосомні аберації*) (мал. 166) – це порушення в нормальній морфології хромосом. Їх зазвичай спо-



Мал. 166.
Хромосомні мутації

стерігають в період метафази мітозу. Перебудови можуть бути внутрішньохромосомними (відбуваються в межах однієї хромосоми) і міжхромосомними (охоплюють дві різні хромосоми). До внутрішньохромосомних мутацій належать: *делеція* (втрата ділянки хромосоми), *дуплікація* (подвоєння ділянки хромосоми), *інверсія* (поворот ділянки хромосоми на 180°). У людини делеції спричиняють хворобу «синдром крику кішки» (уражені цим захворюванням діти мають плач, схожий на котячий крик) та «філадельфійську хромосому» (генетичну аномалію, що виникає внаслідок реципрокної транслокації (обміну ділянками) між ділянками 22-ї та 9-ї хромосом з подальшою експресією химерного білка). Обмін ділянками між негомологічними хромосомами називається *транслокацією*.

Геномні мутації зумовлені зміною кількості хромосом в каріотипі. Розрізняють три типи геномних мутацій: гаплоїдію, поліплоїдію та анеуплоїдію.

КРОК ЧЕТВЕРТИЙ: відтворюємо.

1. Що таке мутації?
2. Чим соматичні мутації відрізняються від генеративних?
3. Опишіть типи генних мутацій.
4. Що є джерелом мутаційних змін?

КРОК П'ЯТИЙ: застосовуємо.

1. Поясніть, які пошкодження ДНК виникають унаслідок помилок реплікації та репарації?
2. Чим відрізняються механізми виникнення хромосомних і геномних мутацій?

КРОК ШОСТИЙ: пропонуємо, формулюємо гіпотези та шляхи їх розв'язання.

1. Чому фенотиповий прояв мутації є доволі рідкісним явищем?
2. Спробуйте визначити та класифікувати мутагени в навколишньому середовищі.

§ 29. ПОПУЛЯЦІЙНА ГЕНЕТИКА. ГЕНЕТИЧНИЙ МОНІТОРИНГ

Терміни та поняття: популяційна структура людства, закон Харді – Вайнберга, генетичний моніторинг.

КРОК ПЕРШИЙ: пригадуємо.

Назвіть сучасні молекулярно-генетичні методи досліджень спадковості людини. Дайте визначення популяції. Що таке генофонд популяції? Які фактори впливають на популяції організмів?

КРОК ДРУГИЙ: визначаємось (крок у майбутнє).

У біології активно розвивається окрема галузь біомедичних знань, яка досліджує причини виникнення та закономірності успадкування генетично обумовлених захворювань у популяціях. Про цю галузь знань і спостереження за змінами генотипів у людських спільнотах ви дізнаєтесь з матеріалу параграфа.

КРОК ТРЕТІЙ: навчасось.

Популяційна структура людства. Ми вже знаємо (див. § 6), що популяція – сукупність особин одного виду, які мешкають на одній території, вільно схрещуються між собою й дають плодове потомство. Отже, вид *Homo sapiens* також складається з популяцій. Водночас виникає моральна проблема сприйняття вислову «вільно схрещуються...». Особливість у тому, що розділяти людей щодо взяття шлюбу можуть не тільки географічні, а й соціальні, етнічні або релігійні чинники.

Людською популяцією

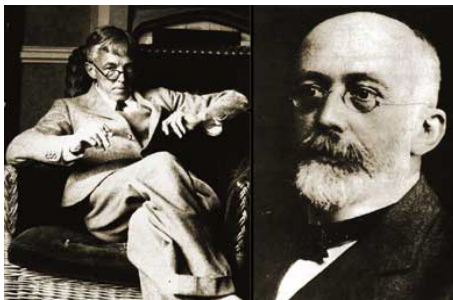
можна вважати групу людей, котрі займають одну територію і вільно вступають в шлюб.

Популяції людей, чисельність яких не перевищує 1,5 тис. осіб, називають *ізолятами*, а в межах 4 тис. осіб – *демами*. Ізольовані популяції характеризуються високою частотою споріднених шлюбів, що призводить до переходу рецесивних патологічних генів у гомозиготний стан і збільшує частоту відповідних спадкових захворювань.

Сучасним людським популяціям властиве руйнування шлюбних ізолятів, які існували раніше. Усунення етнічних, релігійних обмежень шлюбів, планування сім'ї – все разом сприяє підвищенню частки гетерозиготних носіїв у популяціях та зменшенню рецесивних хвороб.

Генетичні процеси в популяціях. Закон Харді – Вайнберга

Будь-яка популяція – це сукупність особин, які не є генетично однаковими. Тобто до складу популяції одночасно входять особини як із домінантними, так і з рецесивними ознаками. Виникають запитання: «Чому рецесивний алель не витісняється домінантним? Чому, якщо алель карого кольору очей домінує над блакитним, кількість блакитнооких людей не зменшується?». Суто математичну відповідь на це запитання для ідеальної популяції дали в 1908 р. незалежно один від одного англійський математик *Годфрі Харді* (1877–1947) та німецький лікар *Вільгельм Вайнберг* (1862–1937). Виявлена ними закономірність називається законом Харді – Вайнберга (мал. 167, 168).



Мал. 167. Г. Харді, В. Вайнберг

Закон Харді-Вайнберга

частота гомозиготних і гетерозиготних організмів в умовах вільного схрещування за відсутності тиску відбору та інших факторів (мутація, міграції, дрейф генів і т.д.) залишається постійною, тобто перебуває у стані рівноваги.

Закон Харді-Вайнберга встановлює математичну залежність між частотами генів і генотипів

$$p^2 AA + 2pqAa + q^2 aa = 1$$

Частота гена А

Частота гена а

Мал. 168. Закон Харді – Вайнберга

Ідеальна популяція – популяція, яка характеризується такими особливостями: чисельність особин безмежно велика; спостерігається вільне схрещування (панмісія); популяція ізольована (немає міграції особин за цим геном); не відбуваються мутаційний процес і добір (за ознакою, яка кодується цим геном). Згідно із *законом Харді – Вайнберга*, у такій популяції концентрація (частота) алелів залишається постійною нескінченне число поколінь. Розглянемо цей процес детально.

Позначимо концентрацію (частоту) алелів A і a через p і q відповідно. Оскільки кожен ген однієї алельної пари може бути A або a , то їхні частоти в сумі дають $p + q = 100\%$, або $p + q = 1$.


Якщо $p + q = 1$, співвідношення генотипів визначатиметься за формулою біному Ньютона:

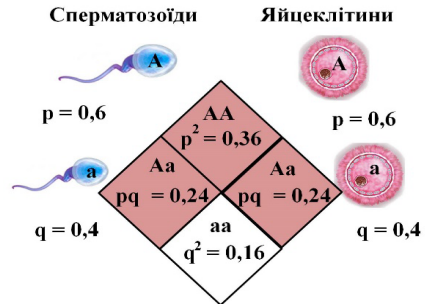
$$(p + q)^2 = p^2 + 2pq + q^2;$$

$$p^2AA + 2pqAa + q^2aa = 100 \%, \text{ або } p^2AA + 2pqAa + q^2aa = 1.$$

Ця формула Харді – Вайнберга характеризує співвідношення в популяції особин із доміантними й рецесивними ознаками, відносну частоту гомозигот і гетерозигот, частоту алелів по одному локусу.

Наприклад (мал. 169),

Фенотипи			
Генотипи	AA	Aa	aa
Частота генотипу в популяції	0,36	0,48	0,16
Частота гамет	0,36 + 0,24 = 0,6A		0,24 + 0,16 = 0,4a



Мал. 169. Частота алелів і генотипів популяції

Ще раз звернемо увагу на позначення: p – частота (концентрація) доміантного алеля A ; q – частота рецесивного алеля a ; p^2AA – частота, з якою трапляються носії гомозиготного доміантного генотипу; q^2aa – частота, з якою трапляються носії гомозиготного рецесивного генотипу; $2pqAa$ – частота, з якою трапляються носії гетерозиготного генотипу. Отже, частота появи чорних особин із генотипом AA ($p^2 = 0,36$) та з генотипом Aa ($2pq = 0,48$), а білих рецесивних гомозигот ($q^2aa = 0,16$). Корінь квадратний із $\sqrt{0,16} = 0,4$ (частота рецесивного алеля a). Оскільки $p + q = 1$, то $p = 1 - q = 1 - 0,4 = 0,6$ (частота доміантного алеля A).

Не важко побачити, що величини p^2 , $2pq$ і q^2 залишаються постійними. Цим пояснюється той факт, що за наявності умов, які властиві ідеальній популяції, особини з рецесивними знаками зберігаються поряд з особинами, які мають доміантні ознаки.

Цілком очевидно, що в реальних людських популяціях наведені умови нездійсненні: панміксія ніколи не буває абсолютною, відбуваються міграція особин і мутаційний процес, популяції мають обмежену чисельність. Проте це не зменшує значення закону Харді – Вайнберга. Він дає змогу розрахувати генетичну структуру популяції у певний час і визначити тенденції до її зміни.

Приклад задачі. У популяції частота рецесивних людей (aa) становить 15 %. Визначити частоту домінуючих гомозигот (AA) і частоту рецесивних гетерозигот (Aa) в популяції.

Розв'язок. Частота генотипу aa (q^2) = 15 % = 0,15. Отже, частота алеля a (q) = 0,15 = 0,387. Частота гена A (p) = 1 – 0,387 = 0,613. Частота генотипу AA (p^2) = 0,613² = 0,376. Частота генотипу Aa ($2pq$) = 2 · 0,613 · 0,387 = 0,474. Отже, рецесивних осіб у популяції – 15 %, домінуючих – 85 % (серед них гомозигот – 37,6 %, гетерозигот – 47,4 %).

Генетичний моніторинг людських спільнот (популяцій). Одразу можна помітити – слово «моніторинг» дуже схоже на слово «монітор». Це не дивно, адже в англійській мові, з якої запозичені обидва слова, дієслово *monitoring* означає «спостерігати, стежити». *Моніторинг* – систематичне спостереження, збирання та оброблення інформації про конкретний об'єкт чи процес із метою вивчення та прогнозування можливих шляхів його розвитку. *Генетичний моніторинг* – комплексне обстеження певних груп населення, спрямоване на реєстрацію подій генетичного характеру, виявлення мутацій, успадкованих від попередніх поколінь (генних і хромосомних захворювань), пошук імовірних причин зв'язку між збільшенням частот цих подій з мутагенними факторами довкілля. У процесі такого обстеження застосовують *скринінг* (раннє виявлення) домінуючих мутацій (геномних і хромосомних) за специфічними фенотипами. Проведення такого моніторингу дає змогу виявити частоти мутацій та їхні зміни в популяціях.

КРОК ЧЕТВЕРТИЙ: відтворюємо.

Що таке генетичний моніторинг?

Опишіть способи визначення співвідношення частот генів і генотипів у популяції.

КРОК П'ЯТИЙ: застосовуємо.

Прокоментуйте завдання генетичного моніторингу.

Порівняйте ідеальну й реальну популяції.

КРОК ШОСТИЙ: пропонуємо, формулюємо гіпотези та шляхи їх розв'язання.

В Європі на 20 000 жителів припадає один альбінос. Визначте процент гетерозиготних носіїв алеля альбінізму.

§ 30. СПАДКОВІ ХВОРОБИ. МЕДИКО-ГЕНЕТИЧНЕ КОНСУЛЬТУВАННЯ

Терміни та поняття: спадкові хвороби, аутосомно-домінантні, аутосомно-рецесивні, зчеплені зі статтю хвороби, медико-генетичне консультування.

КРОК ПЕРШИЙ: пригадуємо.

Дайте визначення понять: ген, геном, генотип, каріотип. Як будова хромосом пов'язана з їхніми функціями? Що таке домінантні та рецесивні гени, гомозиготи та гетерозиготи? Чи можна заздалегідь передбачити стан дитини? Чому в дітей виникають вади ембріонального розвитку?

КРОК ДРУГИЙ: визначаємось (крок у майбутнє).

Кожна людина протягом життя переносить легкі або важкі хвороби, але в окремих випадках вона з ними народжується. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, 5 із 100 новонароджених мають спадкові захворювання і вади, а двоє народжуються мертвими з генетичних причин. Медична генетика – наука і галузь медицини одночасно, оскільки вивчає природу та закономірності успадкування генетичних відхилень, здійснює діагностику, лікування й профілактику спадкових захворювань. Матеріал цього параграфу містить інформацію, яку має усвідомити кожна людина, котра прагне зберегти своє здоров'я й мати у своїх майбутніх родинях здорових дітей.

КРОК ТРЕТІЙ: навчаємось.

Медична генетика – це не тільки наука, а й напрям сучасної практичної медицини. Основним її завданням є виявлення, вивчення, лікування та профілактика спадкових захворювань і вад людини.

Спадкові хвороби – захворювання, зумовлені порушеннями в процесах збереження, передавання та реалізації генетичної інформації. Чинниками таких хвороб є мутації в генетичному апараті одного або обох батьків.

Спадкові хвороби людини об'єднують у чотири групи: 1) *генні* (спричинені змінами в структурі ДНК); 2) *хромосомні* (пов'язані з хромосомними чи геномними мутаціями – зі змінами кількості хромосом, внутрішньо- та міжхромосомними перебудовами хромосом); 3) *зі спадковою схильністю*, або *мультифакторіальні хвороби* (спричинені взаємодією

внутрішніх спадкових і зовнішніх несприятливих умов середовища); 4) пов'язані з успадкуванням *резус-фактора* (характеризуються імунологічною несумісністю матері і плода).

Про моногенне та полігенне успадкування ознак у людини ви вже дізналися з попереднього матеріалу (див. § 26). Спадкові хвороби можуть успадковуватися за такими типами: 1) аутосомно-домінантним (полідактилія, синдактилія, брахідактилія, арахнодактилія); 2) аутосомно-рецесивним (фенілкетонурія, серпоподібна-клітинна анемія, альбінізм, галактоземія, гідроцефалія, хвороба Тея – Сакса та ін.); 3) зчепленими зі статтю: рецесивними зчепленими з X-хромосомою (гемофілія, дальтонізм), зчепленими з Y-хромосомою (іхтіоз). У людини, коли ген локалізований у X-хромосомі, він передається від батька лише дочкам, а від матері – синам і дочкам з однаковою ймовірністю.

Генні хвороби – спадкові хвороби, зумовлені генними мутаціями (тобто змінами ДНК у межах гена). Їх визначають за допомогою ферментного аналізу. Найменша ділянка ДНК, зміна якої призводить до мутації, називається *мутоном* (одна пара нуклеотидів). Наслідками генних мутацій можуть бути хвороби обміну речовин (мал. 170).



1. **Порушення обміну амінокислот:** *фенілкетонурія.*
2. **Порушення обміну вуглеводів:** *галактоземія, фруктоземія.*
3. **Порушення обміну ліпідів:** *сімейна гіперхолестеринемія.*
4. **Порушення біосинтезу гормонів:** *адреногенітальний синдром.*
5. **Порушення обміну вітамінів:** *порушення всмоктування вітаміну B12.*
6. **Порушення синтезу гемоглобіну:** *серповидно-клітинна анемія, таласемія.*

Мал. 170. Генні хвороби

Хромосомні хвороби – широка група спадкових хвороб, спричинених хромосомними та геномними мутаціями. Спільним для всіх хромосомних хвороб є уроджені вади розвитку, уповільнення росту, порушення функцій регуляторних систем, відставання психічного розвитку та ін.

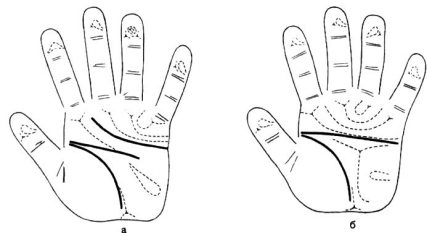
Аномалії, пов'язані з порушенням кількості й структури хромосом, поділяються на дві групи: аномалії аутосом і статевих хромосом.

Найвідомішими серед хвороб з аномаліями аутосом (нестатевих хромосом) є трисомія-21 (хвороба Дауна, 47, 21+), трисомія-13 (синдром Патау, 47, 13+) і трисомія-18 (синдром Едвардса, 47, 18+).

Хвороба Дауна – найпоширеніша з усіх хромосомних аномалій (описана англійським лікарем Джоном Ленгдоном Дауном (1828–1896) ще в 1866 р.). На різних континентах поширення цієї аномалії практично однакове. Головною причиною патології вважають нерозходження гомологічних хромосом 21-ї пари під час поділу клітин (звідси й походить назва) – трисомія за 21-ю хромосоמוю – каріотип 47 (21+). Лікарі встановили, що вік матері впливає на народження дитини з синдромом Дауна. Понад 80 % дітей із цим синдромом народжується у жінок після 35- річного віку. Хоч у разі описаної транслокаційної форми хвороби Дауна (зайва хромосома, транслокована на хромосому іншої групи), вік матері значення не має, діти з транслокаційною формою можуть народжуватися й у молодих матерів. Характерними ознаками хвороби Дауна є укорочені кінцівки, аномалії будови обличчя (плескате, широке перенісся), очні щілини вузькі з косим розрізом, розумова відсталість (мал. 171). Особливі ознаки має такий також дерматогліфіка (шкірний рельєф долонних і підшовних поверхонь, де шкіра вкрита численними папілярними лініями, що утворюють певні візерунки) у хворих (мал. 172).



Мал. 171. Дитина з синдромом Дауна



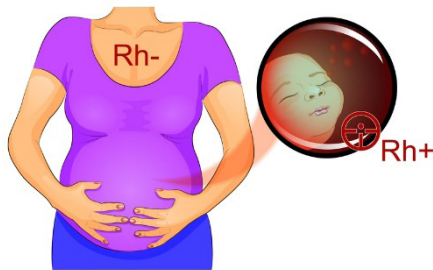
Мал. 172. Дерматогліфіка людей з синдромом Дауна: а – згинальні складники на долоні людини з нормальним каріотипом (46 хромосом); б – при синдромі Дауна

Частота народження із дітей із такою хворобою становить 1 : 700 новонароджених, але завдяки допологовій діагностиці народження дітей із синдромом Дауна зменшилося до одного випадку на 1100 малюків.

Аномалії кількості статевих хромосом трапляються у вигляді моносомій (синдром Шершевського – Тернера, 45, X0) і полісомій (синдром Клайнфельтера, 47, XXУ; трисомія, 47, XXX; варіанти полісемії 48, XXУУ; 49 XXУУУ). Більше ви можете дізнатися в спеціальній літературі.

Хвороби зі спадковою схильністю (або **мультифакторіальні хвороби**) – захворювання зі складним характером успадкування, що визначаються взаємодіями багатьох неалельних генів. Їхній патологічний вплив відбувається у взаємодії з комплексом чинників зовнішнього середовища. До цієї групи належать: цукровий діабет, гіпертонічна хвороба, виразкова хвороба шлунка, бронхіальна астма, шизофренія, епілепсія та ін. Мультифакторіальні хвороби становлять нині майже 90 % випадків загальної патології людини.

Хвороби, пов'язані з успадкуванням резус-фактора (генетично обумовлена імунологічна несумісність матері та плода); резус-фактор (Rh) – особливий білок (антиген) крові, зумовлений домінантними генами. Якщо він є у крові, таких осіб називають резус-позитивними (Rh⁺), якщо немає – резус-негативними (Rh⁻). Коли плід Rh⁺, а мати Rh⁻, за другої вагітності виникає резус-конфлікт (мал. 173). Це пояснюється тим, що в організмі матері синтезуються антитіла, які проникають у кров плода й спричиняють руйнування його еритроцитів.



Мал. 173. Резус-конфлікт матері та дитини

Переливання несумісної за цим фактором крові дівчатам і жінкам неприпустиме, бо викликає безпліддя.

Методи діагностики спадкових хвороб людини такі: генеалогічний, біохімічний, цитогенетичний, дерматогліфічний,

близнюків, популяційно-статистичний, молекулярно-генетичні (пояснення див. у § 22). *Молекулярно-генетичні методи* призначені для виявлення ушкоджень у структурі ДНК, визначення подібності чи відмінності геномів. До таких методів належать: *метод секвенування* (визначення послідовності фрагментів ДНК); *метод полімеразної ланцюгової реакції* (спосіб збільшення кількості фрагментів ДНК у біологічному матеріалі – пробі; так ідентифікують людину за останками чи встановлюють батьківство); *метод гібридизації ДНК/РНК* (спосіб виявлення потрібних генів і розпізнавання послідовностей ДНК); *методи блот-гібридизації* (перенесення білків чи нуклеїнових кислот із розчину на полімерні мембрани-фільтри, де й відбувається їхнє визначення за допомогою радіоактивної мітки). Отже, за допомогою молекулярно-генетичних методів виявляють мутантні гени, діагностують спадкові хвороби, ідентифікують особу, допомагають встановити батьківство та ін.

Генеалогічний метод вивчення спадковості людини є методом родоводів, коли простежується ознака (хвороба) в родині з позначенням родинних зв'язків між членами родоводу.

З метою запобігання поширенню спадкових хвороб у країні створюється мережа медико-генетичних консультацій.

Медико-генетичне консультування – спеціалізована медична допомога у профілактиці спадкових хвороб. Завданнями медико-генетичного консультування є: встановлення точного діагнозу природженого чи спадкового захворювання; визначення типу успадкування захворювання в цій родині; розрахунок величини ризику повторення захворювання в родині; пояснення змісту медико-генетичного прогнозу людям, котрі звернулися за консультацією. Досвід роботи медико-генетичних консультацій показує, що велике число звернень пов'язане з питанням прогнозу нащадків та оцінкою генетичного ризику. Генетичний ризик, що не перевищує 5 %, розцінюється як низький, до 20 % – як підвищений і понад 20 % – як високий.

Медико-генетична консультація складається з чотирьох етапів: діагноз, прогноз, висновок, порада. Медико-генетичне консультування є складовою комплексу заходів, спрямованих на охорону здоров'я

матері та дитини, дитячої смертності. Важливим профілактичним заходом проти виникнення різних аномалій у нащадків є широка санітарно-просвітня пропаганда як серед дорослого населення, так і серед підлітків, котрі стануть родоначальниками нових, фізично і розумово здорових поколінь.

КРОК ЧЕТВЕРТИЙ: відтворюємо.

1. Які хвороби називають спадковими?
2. Як успадковуються дальтонізм та гемофілія? Наведіть генетичні схеми схрещувань.
3. Що таке полігенні хвороби ?
4. Охарактеризуйте полігенне успадкування. Яке завдання й значення медико-генетичного консультування?

КРОК П'ЯТИЙ: застосовуємо.

1. Поясніть, чи існує зв'язок між віком батьків та частотою спадкових хвороб у дітей? Підтвердіть відповідними прикладами.
2. У чому полягає реальна небезпека шлюбів між кровними родичами? Відповідь обґрунтуйте.

КРОК ШОСТИЙ: пропонуємо, формулюємо гіпотези та шляхи їх розв'язання.

1. У яких формах можуть проявлятися спадкові захворювання людини? Наведіть відповідні приклади.
2. За додатковими джерелами інформації підготуйте повідомлення про генну терапію.

ТЕМА 4. РЕПРОДУКЦІЯ ТА РОЗВИТОК ОРГАНІЗМІВ

§ 31. РОЗМНОЖЕННЯ ОРГАНІЗМІВ: ФОРМИ, ОСОБЛИВОСТІ

Терміни та поняття: розмноження, нестатеве і статеве розмноження, вегетативне розмноження, клітинний цикл, мітоз, амітоз, поділ, фрагментація, брунькування, спороутворення, поліембріонія, копуляція, кон'югація, партеногенез, гермафродитизм.

КРОК ПЕРШИЙ: пригадуємо.

1. Які форми розмноження живих організмів ви знаєте?
2. Поясніть біологічне значення процесу реплікації ДНК.
3. Що таке мітоз і яке його біологічне значення?
4. Наведіть приклади різних форм розмноження у рослин.
5. Наведіть приклади різних форм розмноження у тварин.
6. Як розмножуються бактерії?
7. Які форми розмноження характерні для грибів?

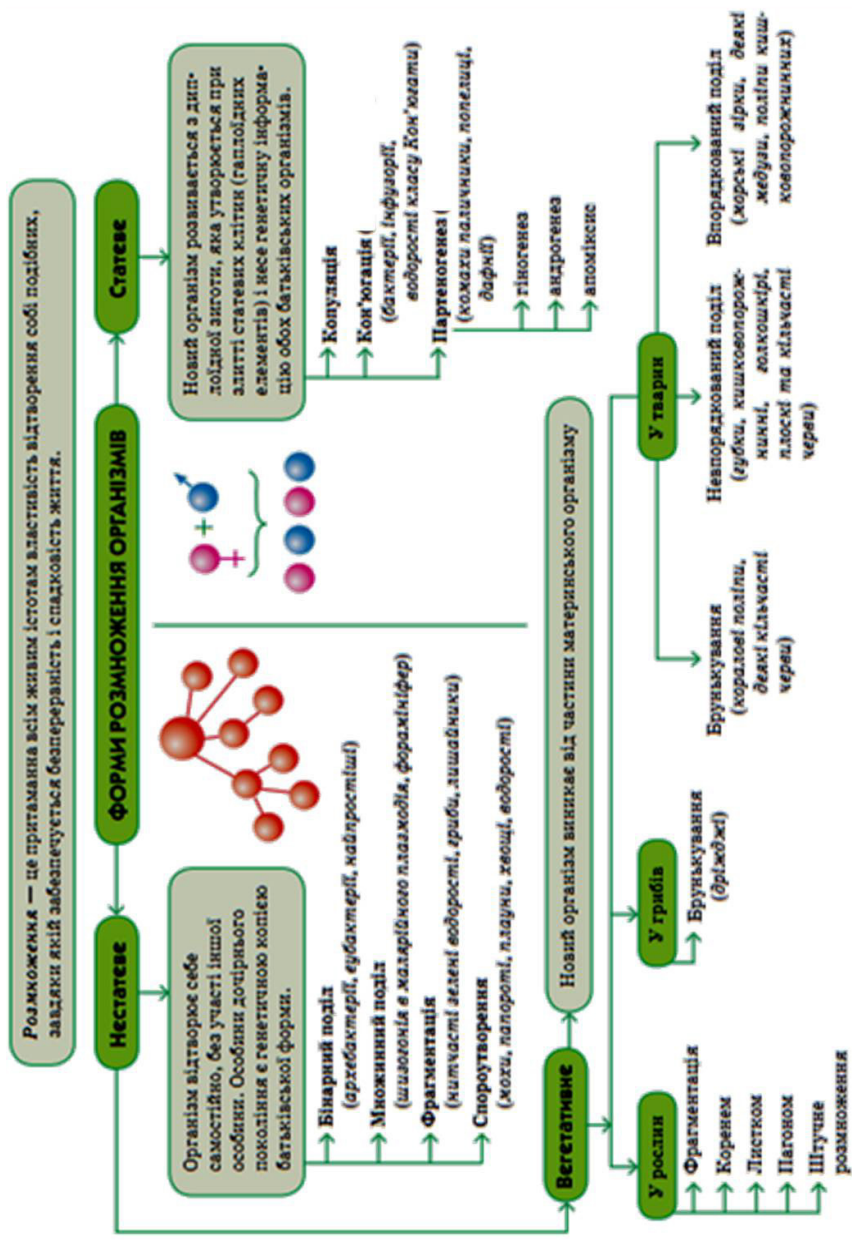
КРОК ДРУГИЙ: визначаємось (крок у майбутнє).

Здатність розмножуватись є універсальною властивістю всіх біологічних систем, завдяки якій зберігається на планеті феномен життя. Кожне наступне покоління утворюється в результаті розмноження особин попереднього. У процесі еволюції у різних груп організмів сформувалися стратегії розмноження, і той факт, що ці групи вижили і існують, доводить ефективність різних способів даного процесу. Узагальнимо знання про них.

КРОК ТРЕТІЙ: навчаємось.

Розмноження (самовідтворення, репродукція) – найголовніша характеристика живого; це здатність організмів відтворювати собі подібні особини. Розрізняють дві форми розмноження: нестатеве і статеве

Явище розмноження тісно пов'язане з іншою важливою характеристикою живого – дискретністю. Багатоклітинний організм складається з дискретних одиниць – клітин. Тривалість життя кожної клітини менша за тривалість життя особини, тому існування особини підтримується розмноженням клітин. Кожен біологічний вид



Мал. 174. Форми розмноження організмів

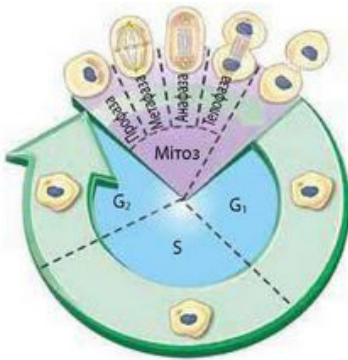
також дискретний, тобто складається з конкретних особин. Кожна з них смертна. Отже, розмноження – необхідна умова існування виду.

Розрізняють **дві основні форми розмноження: нестатеве та статеве**. Їх можна подати у вигляді такої схеми (мал. 174).

Нестатеве розмноження – форма розмноження організмів без участі статевих клітин; потомки є генетичною копією материнського організму. У процесі нестатєвого розмноження бере участь лише один організм

В основу класифікації форм розмноження покладено поділ клітин: нестатевий (мітотичний) і статевий (мейотичний). Мітоз є складовою клітинного циклу.

Клітинний цикл. Інтерфаза. Мітоз. Ви вже знаєте, що розмноження, ріст організмів зумовлені поділом клітин. Сукупність послідовних процесів, які відбуваються між утворенням клітини та її поділом на дочірні називають **клітинним циклом**. Клітинний цикл складається з трьох послідовних стадій: 1) інтерфаза (тут відбуваються підготовчі процеси для майбутнього поділу); в цю фазу вступає диплоїдна клітина ($2n$) з подвійною кількістю ДНК ($2c$); разом позначається $2n2c$; 2) мітоз (непрямий поділ ядра); 3) цитокінез (поділ цитоплазми з утворенням двох дочірніх клітин) (мал. 175).



1)

2)

Мал. 175. 1 – клітинний цикл : інтерфаза (періоди $G_1 \rightarrow S \rightarrow G_2$) → мітоз (профаза, метафаза, анафаза, телофаза) → цитокінез (поділ цитоплазми з утворенням двох дочірніх клітин); 2 – біологічне значення мітозу

БІОЛОГІЧНЕ ЗНАЧЕННЯ МІТОЗУ

- Утворюються дочірні клітини генетично ідентичні материнській клітині;
- забезпечується стабільність каріотипу певного виду;
- відбувається ріст організмів;
- здійснюються процеси регенерації.






Інтерфаза. Займає понад 90% часу всього клітинного циклу і поділяється на три періоди: 1 – *пресинтетичний* (G_1) – під час якого клітина активно росте, накопичує органічні речовини, запасує енергію; 2 – *синтетичний* (*S*-період) – характеризується подвоєнням (реплікацією) ДНК, вміст ДНК подвоюється ($2n4c$); утворюються дві дочірні ДНК-копії (дві хроматиди однієї хромосоми), з'єднані між собою центромерою; 3 – *постсинтетичний* (G_2) – тут триває накопичення енергії, білків, вуглеводів, нуклеотидів.

Мітоз – це спосіб поділу еукаріотичних клітин, за якого з однієї материнської клітини утворюються дві дочірні, які є її генетичними копіями; мітоз складається з 4-х послідовних фаз: профазі, метафазі, анафазі, телофазі.

Основні події цих фаз зазначені в таблиці 5

Таблиця 5

Характеристика фаз мітозу

Фази	Процеси; n – кількість хромосом; c – кількість ДНК
 Профаза	Відбувається спіралізація хромосом, зникають ядерна оболонка та ядерце. Формуються мікротрубочки, сукупність яких називається веретеном поділу. Кожна хромосома складається з двох хроматид. $2n\ 4c$.
 Метафаза	Хромосоми в упорядкованому стані розташовуються в серединній ("екваторіальній") площині клітини. Кожна хромосома прикріплюється центромерою до мікротрубочки веретена поділу. У цій фазі добре видно хромосоми під мікроскопом. $2n\ 4c$.
 Анафаза	Найкоротша фаза мітозу. Кожна центромера ділиться навпіл і тепер хроматиди називаються хромосомами. Нитки веретена скорочуються і розтягують хромосоми до полюсів клітини. $4n\ 4c$.
 Телофаза	Біля кожного полюса збирається диплоїдний набір хромосом, які деспіралізуються; утворюється ядерна оболонка, з'являються ядерця. Два набори хромосом на полюсах клітини. $2n\ 2c$.
 Цитокінез	Поділ цитоплазми; утворюються дві дочірні клітини, які є генетичними копіями материнської. $2n\ 2c$.

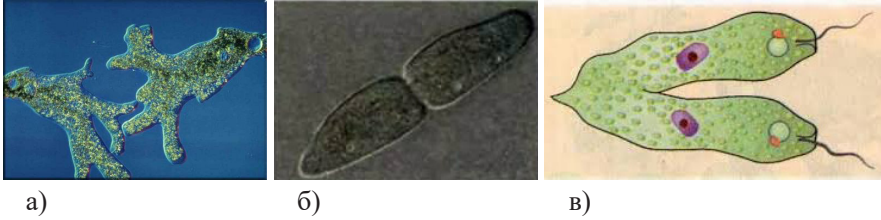
Мітоз у деяких випадках спочатку не супроводжується цитокінезом, що приводить до утворення багатоядерних клітин. Такий процес спостерігається, наприклад, при розмноженні найпростіших шляхом шизогонії (розглянемо далі). У багатоклітинних організмів так утворюються симпласти м'язової тканини (тканини, які складаються з протоплазми, відсутні межі між клітинами).

Тривалість кожної фази мітозу залежить від типу клітин і дії чинників зовнішнього середовища (температури, поживних речовин і постачання кисню). Наприклад, клітини кишкового епітелію діляться кожні 8–10 год., при цьому інтерфаза завжди набагато довша за мітоз, який триває від декількох хвилин до 2–3 год.

В природі існує також поділ клітин шляхом *амітозу*. **Амітоз** – прямий поділ ядер соматичних клітин, який відбувається без спіралізації хромосом і без утворення веретена поділу (на відміну від мітозу). Ядро ділиться на дві не завжди однакові частини, що приводить до утворення двоядерної клітини; іноді перешнуровується і цитоплазма. Отже, в результаті амітозу дочірні клітини не отримують однакової кількості материнської ДНК. Амітозом діляться клітини ракових пухлин. Відомий амітоз у нормальних диференційованих тканинах, наприклад у скелетній мускулатурі, клітинах шкірного епітелію, сполучній тканині. Проте цей спосіб поділу ядра ніколи не зустрічається у клітинах, які потребують збереження повноцінної генетичної інформації, наприклад у запліднених яйцеклітинах чи клітинах ембріонів, які розвиваються нормально. Отже, амітоз не може вважатися повноцінним нормальним способом розмноження клітин еукаріотів.

Основні способи нестатевого розмноження.

Бінарний поділ – характерний для одноклітинних (саркодові, джгутикові, інфузорії). Спочатку відбувається мітотичний поділ ядра, а потім у цитоплазмі виникає перетяжка. При цьому органели звичайно рівномірно розподіляються між дочірніми клітинами, або формуються заново (наприклад, довгий джгутик у евглени зеленої). Після поділу дочірні особини ростуть і, досягши розмірів материнського організму, переходять до нового поділу.



Мал. 176. Бінарний поділ: а – амеба протей; б – інфузорія-туфелька; в – евглена зелена

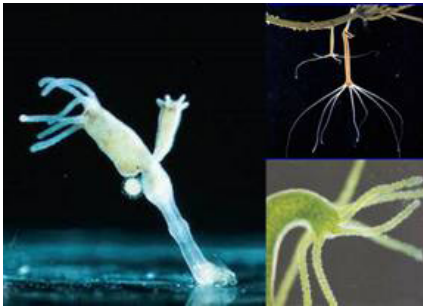
Множинний поділ (шизогонія) – відбувається багаторазовий поділ ядра без цитокінезу, а потім вся цитоплазма розпадається на частинки (утворюється багато одноядерних дочірніх клітин). Така форма нестатевого розмноження властива, наприклад, у збудника малярії – малярійного плазмодія (мал. 177).



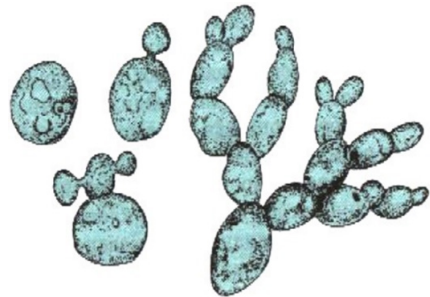
Мал. 177. Вихід малярійних тілець, що утворились внаслідок шизогонії, з еритроцита крові людини

Брунькування (пупкування) полягає в тому, що на материнській клітині / особині утворюється маленький горбик (брунька), який потім відокремлюється і перетворюється на самостійний організм (мал. 178, 179).

Якщо «бруньки» залишаються пов'язаними з материнським організмом упродовж життя, виникає колонія (наприклад, коралові поліпи).

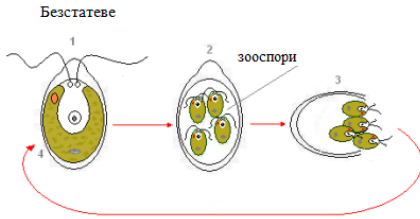


а)

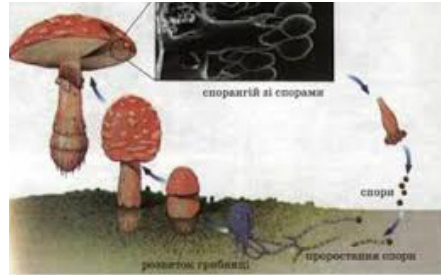


б)

Мал. 178. Розмноження шляхом брунькування: а – гідра; б – дріжджі

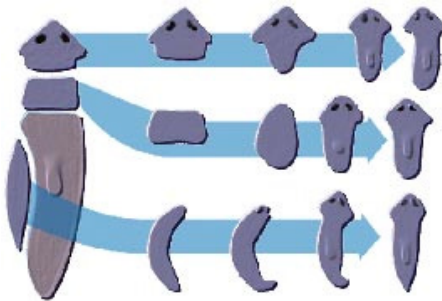


Мал. 179. Зооспори водоростей



Мал. 180. Спороутворення у гриба

Спороутворення – це розмноження шляхом утворення спеціалізованих клітин (спор), з яких виникає нове покоління. Дуже поширене серед грибів (мал. 180), мохів, папоротей, хвощів, плаунів. У них спори утворюються всередині спеціалізованих органів – спорангіїв. Проте в бактерій спороутворення – це не спосіб розмноження, а пристосування до несприятливих умов. Спори – одноклітинні утворення, вкриті міцною оболонкою, яка захищає їх від несприятливих факторів і має пристосувальне значення. Спори зі джгутиками – зооспори водоростей – здатні активно рухатись (мал. 179), а спори, які їх не мають, поширюються водою, вітром та різними організмами.



Мал. 181. Розмноження шляхом фрагментації: планарія біла



Мал. 182. Вегетативне розмноження рослин: 1 – цибулинами; 2- стебловими живцями; 3 – бульбами; 4 – кореневищами; 5 – вусами

Нестатеве розмноження нитчастих зелених водоростей, лишайників, червів відбувається шляхом *фрагментації* – поділу тіла на частини. Кожна з частин регенерує у нову особину.

Вегетативне розмноження – це спосіб розмноження відокремленими від материнського організму багатоклітинними вегетативними частинами, органами (мал. 182). Ця форма нестатевого розмноження також ґрунтується на здатності організмів відновлювати відсутні частини тіла – регенерації. Така форма розмноження поширена у природі, а людина використовує її у практичних цілях. Сукупність генетично однорідних організмів, які утворюються з однієї особини шляхом вегетативного розмноження, називають *клоном*.

Особливою формою вегетативного розмноження є *поліембріонія*, при якій ембріон ділиться на кілька частин, кожна з яких розвивається у самостійний організм. Поліембріонія поширена у ос (їздці, з однієї зиготи утворюється до 3-х тисяч личинок), із ссавців – у броненосця. До цієї категорії відноситься утворення однозиготних близнят у людини та інших ссавців (мал. 183).



а)



б)

Мал. 183. Поліембріонія:
а – броненосець; б – людина (монозиготні близнюки)

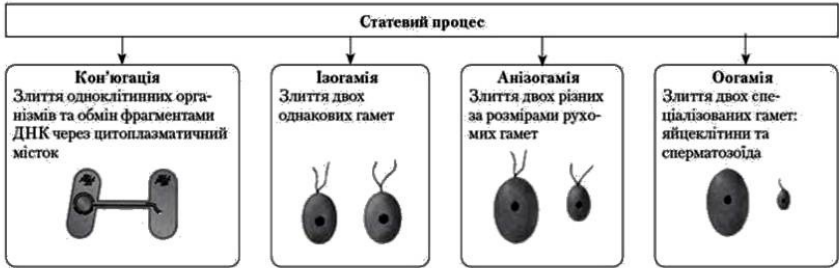
Статеве розмноження передбачає утворення нової генетичної конструкції (нового організму) за участю двох батьківських організмів. Різняться такі основні форми статевого розмноження : кон'югація, копуляція, партеногенез.

Кон'югація – обмін генетичним матеріалом (ДНК або мігруючими ядрами) через цитоплазматичні містки (статеві ворсинки) між кліти-

нами; гамети не утворюються; спостерігається у бактерій, інфузорій, нитчастих водоростей, грибів (мал. 184, 185).

Копуляція – злиття одноклітинних організмів / або злиття статевих клітин (гаметична копуляція) з утворенням нового організму / зиготи.

Партеногенез – особлива форма статевого розмноження, коли розвиток організму відбувається з незаплідненої яйцеклітини.



Мал. 184. Форми статевого процесу

Форми статевого процесу при копуляції класифікують в залежності від розмірів і рухливості клітин: 1) *ізогамія* – чоловічі й жіночі гамети здатні до руху й мають однакову форму й розмір; 2) *анізогамія* – чоловічі й жіночі гамети здатні до руху, вони мають схожу форму, але різний розмір (жіночі трохи більші за розміром); 1,2 – характерні для найпростіших; 3) *оогамія* – чоловічі й жіночі гамети мають різну форму й розмір; рухливі лише чоловічі гамети (в людини).

Приклади кон'югації (мал. 185).

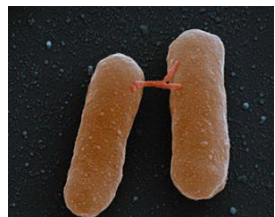


Так виглядає кон'югація спірогіри під мікроскопом

а)



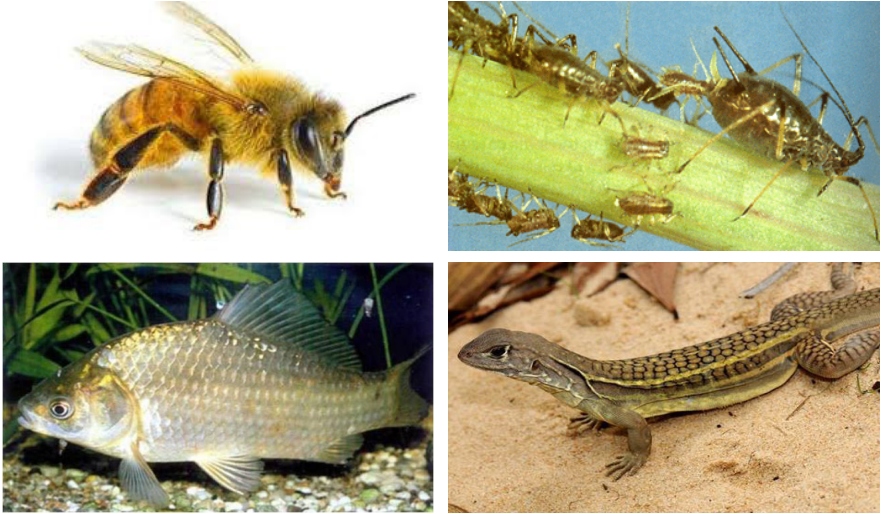
б)



в)

Мал. 185. Кон'югація: а – ниток спірогіри (тимчасове злиття ниток тіла); б – інфузорії-туфельки (обмін мігруючими ядрами); в – бактерій (обмін генетичним матеріалом через цитоплазматичні містки між клітинами)

Партеногенез – особлива форма статевого розмноження, розвиток організму з незаплідненої яйцеклітини. Така форма розмноження характерна для бджіл, мурашок, у яких з запліднених яєць розвиваються самки, а з незапліднених – самці. У цих тварин партеногенез виник як механізм регулювання кількісного співвідношення статей.



Мал. 186. Тварини, що розмножуються партеногенетично: бджола медоносна, попелиця, карась сріблястий, скельна ящірка

Штучний партеногенез використовують у селекції, наприклад, для отримання більшої кількості самок гусені шовкопряда, які дають шовкові нитки.

Гермафродитизм. Якщо чоловічі та жіночі гамети утворюються відповідно в чоловічої та жіночої особин, то ці види називають роздільностатевими. Таких видів більшість. Якщо чоловічі і жіночі клітини розвиваються у однієї особини, такий організм називають *гермафродитним*. Гермафродитизм властивий багатьом тваринам, які стоять на порівняно низьких ступенях еволюційного розвитку (плоским і кільчастим червам, молюскам, деяким видам ракоподібних) (мал. 187). У таких випадках організми, як правило, мають ряд пристосувань, які перешкоджають самозаплідненню. Гермафродитизм дуже важливий для організмів, які

ведуть прикріплений спосіб життя, паразитів, а також глибоководних видів (певні види ракоподібних, риб, двостулкових молюсків тощо). Як патологічний стан він може зустрічатися в інших таксонах тварин і в людини (як наслідок порушення ембріонального розвитку). При природному гермафродитизмі чоловічі й жіночі статеві залози можуть функціонувати одночасно протягом всього життя даної особини.



а)



б)

Мал. 187. Гермафродитизм у червевоногих молюсків (а)
та дощових черв'яків (б)

Опорні точки (висновки).

- Розмноження – здатність живих організмів відтворювати собі подібні особини. Розрізняють дві основні форми розмноження: нестатеве та статеве.
- Нестатеве розмноження – форма розмноження організмів без участі статевих клітин, внаслідок якого потомки є точною генетичною копією батьківських організмів.
- В основі нестатєвого розмноження лежить мітоз. Мітоз - це спосіб поділу еукаріотичних клітин, за якого з однієї материнської клітини утворюються дві дочірні, які є її генетичними копіями; мітоз складається з 4-х послідовних фаз: профазі, метафазі, анафазі, телофазі
- Мітозу передуює інтерфаза – фаза підготовки клітини до поділу. Інтерфаза складається з трьох послідовних періодів: пресинтетичного, синтетичного та постсинтетичного.
- Під впливом зовнішніх чинників клітини можуть ділитись шляхом амітозу. Амітоз – поділ соматичних клітин, який відбувається без спіралізації хромосом і без утворення веретена поділу.

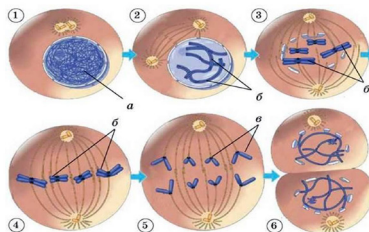
- Формами нестатевого розмноження є бінарний поділ, множинний поділ, фрагментація, спороутворення, вегетативне розмноження.
- Статеве розмноження – розмноження за допомогою статевих клітин – гамет, які мають гаплоїдний набір хромосом.
- Організми, здатні до статевого розмноження поділяють на роздільностатевих та гермафродитів.
- Формами статевого розмноження є: копуляція, кон'югація, партеногенез.
- Статеве розмноження супроводжується статевим процесом. Статевий процес – це поєднання в одній клітині генетичного матеріалу двох різних особин, внаслідок злиття статевих клітин – гамет.

КРОК ЧЕТВЕРТИЙ: відтворюємо.

1. Назвіть дві основні форми розмноження живих організмів.
2. Що таке нестатеве розмноження і які форми цього розмноження існують?
3. Наведіть приклади різних форм нестатевого розмноження у бактерій, рослин, тварин, грибів.
4. Опишіть процес мітозу.
5. Що таке амітоз?
6. Дайте визначення статевому розмноженню та статевому процесу.
7. Наведіть приклади форм статевого розмноження у різних живих організмів.
8. Які організми відносять до гермафродитів?

КРОК П'ЯТИЙ: застосовуємо.

1. Прокоментуйте послідовність процесів, зображених на малюнку 201.



Мал. 188

2. Опишіть форми розмноження, характерні для кожної з систематичних груп рослин, зображених на малюнку 189.



Мал. 189

КРОК ШОСТИЙ: пропонуємо, формулюємо гіпотези та шляхи їх розв’язання.

1. Порівняйте нестатеве й статеве розмноження, визначте переваги та недоліки кожного з них.

2. Наведіть приклади вищих насінних рослин у яких переважає вегетативне розмноження і поясніть, чому.

3. Чи відбувся б мітоз без однієї з фаз? Спрогнозуйте наслідки вилучення різних фаз.

КРОК до ЗНО.

1. У яких тварин можливий розвиток з незаплідненої яйцеклітини?

А печінкового сисуна;

Б медоносної бджоли

В перлівниці

Г павука хрестовика

2. Гермафродитні організми:

А мають лише один вид статевої системи в одному організмі;

Б мають як чоловічу, так і жіночу статеву систему в одному організмі;

В розмножуються вегетативно;

Г розмножуються партеногенетично; г) розмножуються спорами.

3. Статеві клітини беруть участь у:
 - А шизогонії;
 - Б вегетативному розмноженні;
 - В заплідненні;
 - Г утворенні органів.
4. Які форми розмноження належать до вегетативного:
 - А копуляція;
 - Б живцями;
 - В насінням;
 - Г партеногенез
5. Вкажіть характерні риси нестатевого розмноження:
 - А бере участь одна батьківська особина
 - Б беруть участь дві батьківські особини
 - В генотипи дочірніх організмів ідентичні батьківському
 - Г відбувається комбінативна мінливість
6. Виберіть характеристику статевого розмноження:
 - А еволюційно є первинним
 - Б підвищує генетичну різноманітність усередині виду
 - В нові ознаки з'являються тільки як результат мутації
 - Г утворюються генетично ідентичні потомки.

ДІЗНАЙТЕСЯ БІЛЬШЕ

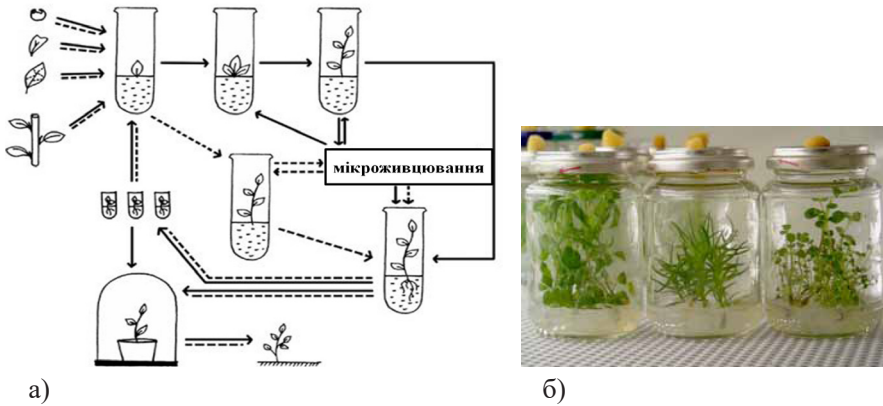
Асцидія – єдина серед хордових тварина, для якої характерне вегетативне розмноження. Крім статевого розмноження (ці тварини – гермафродити), можливе й брунькування. Дорослі форми цих тварин зазвичай ведуть сидячий спосіб життя. Тіло асцидій має мішкоподібне тіло з двома отворами-сифонами, оскільки вони фільтратори.



Мал. 190. Асцидія

Наука – практиці.

На сьогодні розроблені принципово нові технології прискороного вегетативного розмноження майже для всіх культурних видів рослин, які одержали назву *мікроклональне розмноження рослин* (розмноження рослин ін вітро) – це масове нестатеве розмно-



Мал. 204. Мікроклональне розмноження рослин:
а – етапи розмноження; б – рослини в умовах ін вітро

ження рослин у стерильних умовах, яке виключає появу генетично змінених форм.

Зазвичай процес мікроклонального розмноження здійснюють шляхом активації розвитку вже існуючих в рослині меристем, які знаходяться на верхівках стебла, в пазухових (сплячих) бруньках. Технологія розмноження складається з таких основних етапів: 1 – відбір експлантів (частинок материнської рослини) і введення їх в культуру (в пробірку на поживне середовище); 2 – активація розвитку пагонів з експланту, їх мікроживцювання та повторна посадка; 3 – укорінення одержаних пагонів в пробірках; 4 – перенесення одержаних рослин із стерильних умов (з пробірок) у ґрунт, їх адаптація (перенесення з умов ін вітро в умови ін віво).

У такий спосіб з однієї бруньки цінного сорту можна швидко одержати сотні тисяч генетичних копій (клонів).

§ 32. РЕГЕНЕРАЦІЯ: ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСІВ, ФОРМИ. ТРАНСПЛАНТАЦІЯ

Терміни та поняття : репарація; фізіологічна, репаративна, патологічна регенерація; трансплантація; біологічна етика.

КРОК ПЕРШИЙ: пригадуємо.

1. Які фундаментальні ознаки живого вам відомі?
2. Що таке регенерація?
3. Наведіть приклади регенерації у рослин.
4. У яких безхребетних тварин спостерігається відновлення втрачених частин тіла?
5. У яких хордових тварин відбувається відновлення втрачених частин тіла?
6. Чи характерне явище регенерації для людини і як воно відбувається?

КРОК ДРУГИЙ: визначаємось (крок у майбутнє).

В нашому організмі постійно відбуваються регенераційні процеси, тобто процеси відновлення втрачених або пошкоджених структур (наприклад, ріст волосся, нігтів, загоєння невеликих порізів). Щосекунди близько 4 млн еритроцитів крові людини замінюються на нові. Процеси регенерації регулюються нервовою, гуморальною та імунною системами. Важливе значення для перебігу регенераційних процесів має вік людини та функціональне навантаження на тканину чи орган.

Знання про механізми регенерації використовують у відновлювальній чи пластичній хірургії, при трансплантації тканин та органів, в інших галузях (наприклад, при мікроклональному розмноженні рослин). Нині трансплантація тканин і органів вважається індикатором якості і рівня надання медичної допомоги, а також ступеня розвитку країни і суспільства в цілому. Про явище регенерації й можливості трансплантації тканин та органів більше дізнаєтесь далі.

КРОК ТРЕТІЙ: навчаємось.

Здатність до самооновлення є фундаментальною властивістю живих організмів. При вивченні розмноження живих організмів ми згаду-

Регенерація – процес відновлення організмом втрачених або пошкоджених структур; здатність біологічної системи повністю або частково замінити втрачену частину цілого.

вали про процес регенерації, а тепер розглянемо його детальніше.

Здатність до регенерації (лат. *regeneratio* – відновлення) власти-

ва усім видам тканин організму людини. Найбільшим регенераційним потенціалом володіють клітини епітеліальної та сполучної тканин (епідерміс та його похідні – волосся, нігті, клітини крові).

Розрізняють декілька видів регенерації, які характерні для організму тварин і людини: фізіологічна, репаративна (або відновлювальна) та патологічна регенерація.



Мал. 192. Види регенерації

Фізіологічною регенерацією називають процеси постійного нормального відновлення морфологічних структур на рівні клітин, тканин і органів. Фізіологічні регенеративні процеси забезпечують функціонування епітелію (покривного і залозистого), печінки, нирок, слинних залоз, підшлункової залози, кісток та ін. Зокрема, швидко відбувається заміна еритроцитів (у тілі людини кожну секунду гине близько 4 млн еритроцитів і одночасно у кістковому мозку утворюється така ж кількість нових). З віком інтенсивність фізіологічної регенерації зменшується. Наприклад, уповільнюється цикл відновлення клітин шкіри і в зрілому віці шкіра втрачає колишню пружність і еластичність (мал. 193 а)



а)

б)

в)

г)

Мал. 193. Регенерація: а – клітин шкіри; б – рубець; в – регенерація (атипова) хвоста ящірки; г – патологічне розростання хрящової тканини при неправильному зростанні кістки

На процес фізіологічної регенерації впливають зовнішні і внутрішні фактори (атмосферний тиск, різні види опромінення, стрес, фізичне навантаження, харчування, захворювання та ін.).

Репаративна (відновлювальна) регенерація відбувається в пошкоджених тканинах. Наприклад, ділянка відмерлих клітин спочатку поступово заповнюється сполучною тканиною, яка в подальшому перетворюється в рубець (мал. 193 б). Репаративна регенерація відбувається на підґрунті фізіологічної, тобто на основі тих самих механізмів, і характеризується більшою інтенсивністю прояву. Тому репаративну регенерацію розглядають як нормальну реакцію організму на ушкодження, що характеризується різким посиленням фізіологічних механізмів відтворення специфічних тканинних елементів різних органів. Репаративна регенерація може бути типовою (відновлений орган подібний до втраченого) та атиповою (відновлений орган відрізняється від втраченого. Наприклад, регенований хвіст ящірки (мал. 193 в).

Патологічна регенерація – розростання тканин, які не ідентичні здоровим тканинам у цьому органі. Наприклад, на місці глибоких опіків масивно розростається щільна сполучна рубцева тканина, тобто нормальна структура шкіри не відновлюється. Саме тому при опіках використовують пересадку шкіри. При переломі кістки при відсутності співпадіння уламків її нормальний будова не відновлюється, а розростається хрящова тканина (мал. 193 г).

Пізнання закономірностей, умов, механізмів процесів відновлення і відкриває перспективи розробки методів ефективного лікування і реабілітації хворих після травм, опіків, уражень тканин і органів.

Сучасна уява про механізми регенерації.

Регенераційні процеси, тобто відновлення втрачених або пошкоджених структур, потребують синтезу певних пластичних речовин. Процеси регенерації базуються на молекулярно-генетичних і внутрішньоклітинних механізмах, серед яких : редуплікація ДНК, синтез білка та АТФ, диференціальна активність генів, вибіркова дія гормонів та ін. Подібність процесів регенерації з процесами ембріогенезу науковці пояснюють активацією однакових генів. Усі процеси регенерації залежні від ряду ендогенних та екзогенних чинників, від функціонального стану органа чи організму. Зокрема, відновлення м'язів інтенсивніше відбувається при незначному фізичному навантаженні.

Серед ендогенних чинників вагомий вплив мають залози внутрішньої секреції, імунна та нервова системи, баланс різних вітамінів. Наприклад, в організмах із видаленою щитоподібною залозою процеси регенерації уповільнюються. Важливе значення мають також вік, фізичний і психологічний стан людини, температурний режим, за якого здійснюється регенерація та ін. В молодому віці репаративні процеси перебігають інтенсивніше, ніж у похилому і старечому. В ослабленій, виснаженій хворобою людини процеси репарації є в'ялими і нерідко набувають форми патологічної регенерації. І навпаки, у фізично здорових людей звичайно спостерігають інтенсивний перебіг процесів відновлення тканин.

Трансплантація (від лат. *transplantatio* – пересаджування) – пересадка реципієнту органа або тканини (трансплантата) від донора методом хірургічного втручання

Якщо орган неспроможний до регенерації (внаслідок хвороби або пошкодження), але він є необхідним, то сучасна галузь медицини – *трансплантологія* – прийде на допомогу.

Орган, або його ділянка, яка пересаджується, називається *трансплантатом*. Організм, від якого одержують матеріал для трансплантації, – *донором*. Організм, якому пересаджують трансплантат – *реципієнтом*. Поширеною є пересадка органів і тканин у межах того самого організму. Наприклад, пересадка шкіри з внутрішньої поверхні стегна на іншу частину тіла під час лікування глибоких опіків. У медичній практиці поширення набула пересадка тканин і частин органів,

наприклад, м'язів, сухожилок, шкіри, кісткової, хрящової і жирової тканин, судин, нервових стовбурів, кісткового мозку. Особливим видом трансплантації є переливання крові, при якому враховуються група крові і резус-фактор донора і реципієнта.

Після трансплантації може виникнути проблема трансплантаційного імунітету і, як її наслідок, – відторгнення органу, або тканини донора. Така реакція обумовлена тим, що тканини донора і реципієнта відрізняються за білковим складом антигенів. Кожний організм має індивідуальну будову таких білків. Два організми з однаковою будовою білкових молекул існують лише на прикладі однойцевих близнюків (трансплантація між ними дає позитивний результат). Введення в організм чужорідних білків (антигенів), не властивих даній особині, викликає імунні реакції, спрямовані на знищення чужорідного білка і збереження сталості власного білкового складу. Відторгнення трансплантата відбувається через антигенну відмінність його від комплексу антигенів реципієнта. Реакція відторгнення трансплантата зумовлена гуморальними і клітинними антитілами. У цьому полягає трансплантаційний імунітет. Щоб подолати тканинну несумісність при трансплантації, використовують різні методи: добір донора й реципієнта за тканинною сумісністю і сумісністю груп крові; гальмування трансплантаційного імунітету за допомогою спеціальних препаратів. Останній метод може негативно впливати на імунітет проти інфекційних захворювань людини.

Отже трансплантація для хворого – це складна хірургічна операція з певними серйозними проблемами й ускладненнями.



Мал. 194. Кератобіоімплантант (складова частина ока – кератолімбальний диск)

Сучасні методи дозволяють пересаджувати не тільки готові природні трансплантати донора, але й клоновані тканини, штучні імплантати (електронні, металічні та інші). Наприклад, штучними клапанами серця замінюють уражені. Також застосовують трансплантацію протезів судин, кришталика ока, зроблених із синтетичних матеріалів (мал. 194).

Трансплантологія і правила біологічної етики. Сучасні досягнення теоретичної біології, практичної медицини зробили моральний (біоетичний) виклик суспільству у вигляді трансплантації органів і тканин, репродуктивних технологій. Спектр оцінювання цього феномену в суспільстві знаходиться в межах від незаперечно позитивного оцінювання до категоричного неприйняття. Це є свідченням того, що трансплантація органів максимально концентрує моральне, правове, психологічне, соціальне напруження, оскільки з ним пов'язані два надзвичайно важливих моменти людського життєвого шляху: 1) ймовірна смерть хворого в разі відсутності можливості замінити нежиттєздатний орган; 2) дозвіл на вилучення трансплантата з тіла донора (живої або мертвої людини). Тут також виникає загроза втрати фізичного здоров'я живого донора. Отже, медико-біологічні проблеми переростають в біоетичні. Основним принципом біоетики, яким мають керуватися у своїй діяльності лікарі і суспільство, є повага до життя та гідності людини (здорової чи хворої). В усіх випадках (без винятку) інтереси людини мають бути вищими за інтереси науки і суспільства, вона повинна бути надійно захищеною від народження і до смерті.

Опорні точки (висновки).

- Регенерація – процес відновлення організмом втрачених або пошкоджених в процесі життєдіяльності структур.
- Розрізняють декілька видів регенерації, які характерні для організму тварин і людини: фізіологічна, репаративна (або відновлювальна) та патологічна регенерація.
- Фізіологічною регенерацією називають постійні процеси відновлення клітинних структур в процесі нормальної життєдіяльності організму.
- Репаративна або відновлювальна регенерація відбувається в пошкоджених тканинах.
- Патологічна регенерація виникає при порушенні регенераторного процесу.
- Процеси регенерації базуються на молекулярно-генетичних і внутрішньоклітинних механізмах, серед яких: редуплікація

ДНК, синтез білка та АТФ, диференціальна активність генів, дія гормонів та ін.

- Трансплантація – пересадка реципієнту органа або тканини (трансплантата) від донора методом хірургічного втручання
- У медичній практиці поширення набула пересадка тканин і частин органів, наприклад, м'язів, сухожилок, шкіри, кісткової, хрящової і жирової тканин, судин, нервових стовбурів, кісткового мозку. Особливим видом трансплантації є переливання крові, при якому враховуються група крові і резус-фактор донора і реципієнта.

КРОК ЧЕТВЕРТИЙ: відтворюємо.

1. Що таке регенерація?
2. Які форми регенерації ви знаєте? Наведіть відповідні приклади.
3. Яким тканинам організму людини властива швидка регенерація клітин? Чому?
4. Які фактори впливають на процес регенерації? Наведіть приклади.
5. Що таке трансплантація?
6. Поясніть терміни: донор, реципієнт, трансплантат.

КРОК П'ЯТИЙ: застосовуємо.

1. Поясніть, чому в міру ускладнення організмів у тварин зменшується здатність до регенерації?
2. Поміркуйте і висловіть свою думку про морально-етичні аспекти трансплантології.
3. Поясніть, чому головним завданням трансплантології є подолання бар'єра біологічної несумісності.

КРОК ШОСТИЙ: пропонуємо, формулюємо гіпотези та шляхи їх розв'язання.

1. Доведіть, або простуйте твердження, що регенерація подібна до ембріогенезу.
2. Поясніть, чому сьогодні трансплантація вважається індикатором якості і рівня надання медичної допомоги, а також ступеня розвитку країни і суспільства в цілому.
3. Підготуйте повідомлення про розвиток трансплантології в Україні.
4. З позицій біоетики дайте оцінку проблемам трансплантології.

КРОК до ЗНО.

I. Тестові завдання з однією правильною відповіддю.

1. Трансплантація – це:

А відновлення тканини чи органа; Б пересадка реципієнту органа або тканини від донора методом хірургічного втручання; В створення живої тканини чи органа.

2. Репаративні процеси перебігають інтенсивніше у віці:

А дорослому віці; Б похилому віці; В старечому віці; Г молодому віці.

II. Тестові завдання з кількома правильними відповідями.

1. Виберіть вірні твердження процесу регенерації:

А процес створення; Б процес відновлення; В процес пошкодження; Г процес відродження.

2. Назвіть види регенерації:

А анатомічна; Б фізіологічна; В патологічна; Г відновлювальна;

3. Назвіть механізми процесу регенерації:

А синтез жирів; Б редуплікація ДНК; В синтез білків; Г нагромадження АТФ.

ДІЗНАЙТЕСЯ БІЛЬШЕ

Витоки вітчизняної трансплантології пов'язують з ім'ям видатного хірурга М.І. Пірогова, який ще у 1835 р. прочитав лекцію «Про пластичні операції взагалі та про пластику носа зокрема», де детально проаналізував проблему пересадки органів та тканин.

Першу у світі трансплантацію нирки від померлої людини до хворої на ниркову недостатність здійснив український учений Ю.Ю. Вороний у 1933 р. (м. Харків). Жінка-реципієнт померла на другу добу після операції. Тільки через два десятиліття (1954 р., Бостон, США) була здійснена перша успішна операція з пересадки нирки, реципієнт і донор в котрій були однояйцевими близнюками. Внаслідок цієї операції, яку провели Дж. Мюррей і Дж. Меріл, прооперований пацієнт прожив понад 20 років. Досвід трансплантації тканинних культур, виконаних в Інституті невідкладної і відновної хірургії ім. В.К. Гусака НАМН України, в теперішній час обчислюється тисячами успішних операцій.

§ 33. МЕЙОЗ. ГАМЕТОГЕНЕЗ

Терміни та поняття: мейоз, сперматогенез, оогенез, спермато-зоон / сперматозоїд, яйцеклітина.

КРОК ПЕРШИЙ: пригадуємо.

1. Охарактеризуйте будову та функції хромосом. Які набори хромосом називають гаплоїдними, диплоїдними, поліплоїдними?

2. Чим відрізняються хромосомні набори гамет та соматичних клітин у багатоклітинних організмів?

3. Що означають терміни: хроматида, центромера, центріоль?

4. Як називається хромосома, що складається з подвоєних хроматид, які ще не розійшлися?

5. Наведіть приклади відомих вам форм хромосом.

КРОК ДРУГИЙ: визначаємось (крок у майбутнє).

Організм кожного з нас є результатом злиття двох статевих клітин (гамет) – яйцеклітини матері і сперматозоїда батька. Утворення гамет (гаметогенез) забезпечується процесом мейозу – двома послідовними поділами ядра диплоїдної клітини з утворенням гаплоїдних клітин. З них в формуються сперматозоїди (сперматогенез) або яйцеклітини (оогенез). Унікальність мейозу також в тому, що він створює можливості для виникнення в гаметах нових генних комбінацій, внаслідок чого в дітей можуть з'являтися ознаки, яких не було в батьків.

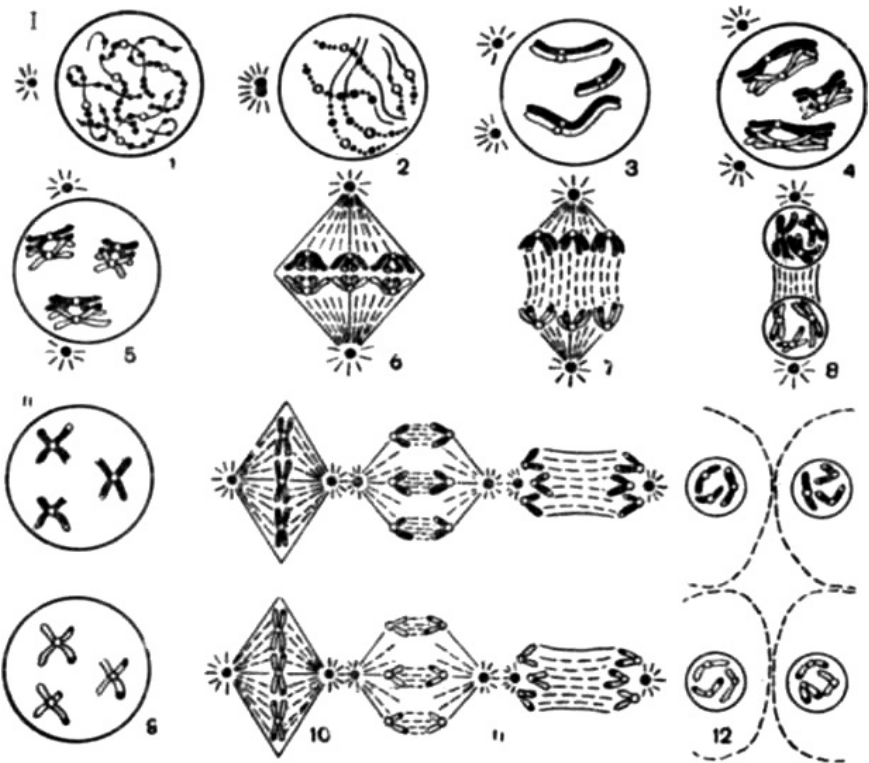
Про усе ви більше дізнаєтесь з наступного матеріалу.

КРОК ТРЕТІЙ: навчаємось.

Мейоз. Мейоз був уперше описаний у морських їжаків німецьким біологом О. Гертвігом (1849-1922) у 1876 р. У тварин мейоз проходить при утворенні гамет, а у квіткових рослин – при утворенні пилкових зерен і зародкових мішків.

Мейоз складається з двох послідовних поділів: редукційного (мейоз I) та екваційного (мейоз II). У кожному з цих поділів розрізняють чотири фази – профазу, метафазу, анафазу і телофазу. Фази першого поділу позначають римською цифрою I (профаза I, метафаза I і т.д.), а фази другого – цифрою II (профаза II, метафаза II та ін.).

Усе починається з *інтерфази I* (передую початку мейозу, як і у випадку мітозу), коли в *S*-періоді відбувається реплікація ДНК і клітина вступає в профазу I мейозу з подвійним набором ДНК (кожна хромосома складається з двох хроматид). *Профаза I* з усіх фаз редукційного поділу є найтривалішою і найскладнішою. У ній розрізняють 5 послідовних стадій – лептотена, зиготена, пахітена, диплотена і діакінез (мал. 195).



Мал. 195. Схема мейозу: I – перший (редукційний) поділ: 1-5 – профаза I (1 – лептотена; 2 – зиготена; 3 – пахітена; 4 – диплотена; 5 – діакінез); 6 – метафаза I; 7 – анафаза I; 8 – телофаза I; II – другий (екваційний поділ): 9 – інтерфаза; 10 – метафаза II; 11 – анафаза II; 12 – телофаза II. Отже, при мейозі клітина ділиться двічі (мейоз I і мейоз II), число хромосом подвоюється лише раз (в інтерфазі I) і в результаті утворюється чотири гаплоїдні клітини

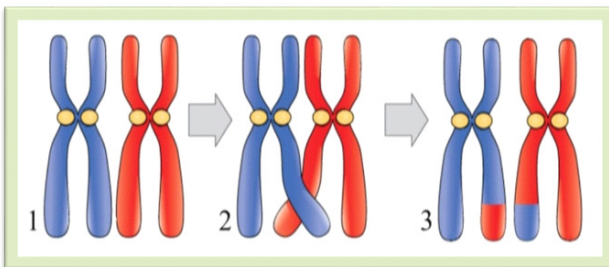
Пояснення процесів по кожній стадії дається в таблиці 6.

Таблиця 6

Стадії мейозу

Стадія	Характеристика
Профаза I	<p>Це найтриваліша за часом стадія мейозу. У ній розрізняють п'ять послідовних періодів:</p> <ol style="list-style-type: none">1. <i>Лептотена</i> – стадія довгих, тонких, слабо спіралізованих хромосом; кількість їх диплоїдна.2. <i>Зиготена</i> – стадія попарного з'єднання (кон'югації) гомологічних хромосом.3. <i>Пахітена</i> – стадія товстих ниток. Гомологічні хромосоми поєднані в пари – біваленти. У цей час хромосоми в процесі кон'югації переплітаються й відбувається обмін гомологічними ділянками хроматид – кросинговер (<i>crossing-over</i> – перехрест) (мал. 196).4. <i>Диплотена</i> – період, коли гомологічні хромосоми починають відштовхуватись одна від одної, але в ділянках кросинговеру залишаються з'єднаними між собою в окремих ділянках (хіазмах).5. <i>Діакінез</i> – період, у який відштовхування гомологічних хромосом триває. Хіазми поступово щезають. Ядерна оболонка розчиняється.
Метафаза I	<p>Об'єднані попарно хромосоми (біваленти) прикріплюються центромерами до ниток веретена і розміщуються в центрі клітини (утворюють екваторіальну пластинку). Кількість хромосом можна підрахувати. Генетична характеристика клітин – $2n4c$.</p>
Анафаза I	<p>Відбувається поділ хромосом на два гаплоїдні набори, що потрапляють у дочірні клітини. На відміну від мітозу, розходяться не хроматиди, а цілі гомологічні хромосоми. Генетична характеристика клітини – $2n4c$ (у цілому), на полюсах – по $n2c$.</p>

Телофаза I	Хромосоми розходяться до протилежних полюсів, кожна складається з двох хроматид. Навколо хромосом утворюється ядерна оболонка. Далі відбувається поділ цитоплазми з утворенням двох дочірніх клітин з гаплоїдним вмістом хромосом, вміст ДНК ще рівний диплоїдному, $-n2c$.
Інтерфаза II	Головна особливість інтерфази другого поділу мейозу полягає у відсутності реплікації ДНК. Генетична характеристика $-n2c$.
Профаза II	У цій фазі руйнуються ядерця та ядерні мембрани, хромосоми коротшають і товщають. Центріолі переміщуються до протилежних полюсів клітини. Генетична характеристика $-n2c$.
Метафаза II	Хромосоми розташовуються вздовж екватора клітини. Генетична характеристика $-n2c$.
Анафаза II	Відбувається поділ центромер, хроматиди відокремлюються одна від одної й тепер називаються хромосомами, вони містять у цілому гаплоїдний набір генів. Генетична характеристика клітини $-2n2c$ (у цілому), на полюсах $-nc$.
Телофаза II	Ідентична телофазі мітозу. Завершується утворенням чотирьох клітин з гаплоїдним набором хромосом. Генетична характеристика клітин, що утворюються, $-nc$.



Мал. 196. Схема кросинговеру: 1 – гомологічні хромосоми утворюють біваленти, які в процесі кон'югації переплітаються; 2 – обмін ділянками між несестринськими хроматидами гомологічними хромосомами (кросинговер). У результаті кросинговеру утворюються нові комбінації спадкового матеріалу. Кросинговер є одним із джерел спадкової мінливості

Біологічне значення мейотичного поділу:

1. Відбувається *редукція числа хромосом*. При мейозі клітина ділиться двічі (мейоз I, мейоз II), число хромосом подвоюється лише раз (в інтерфазі I). Завдяки двом мейотичним поділам статеві клітини (гамети) одержують половинний (гаплоїдний) набір хромосом (n), порівняно з нестатевими ($2n$).

2. *Мейоз забезпечує сталість каріотипу видів*, які розмножуються статевим шляхом. Якби не було мейозу, то гамети містили б диплоїдний набір хромосом, а в зиготі кожного наступного покоління число хромосом збільшувалося б удвічі (наприклад, якщо у батьків – 46, у дітей – 92, в онуків – 184, у правнуків – 368 і т.д.).

3. *Мейоз забезпечує спадкову мінливість* – під час кросинговеру (профаза I) і випадкового розподілу хромосом (метафаза I) утворюються нові комбінації генів в хромосомах гамет. Тобто, мейоз сприяє комбінативній мінливості (гени батьків комбінуються, внаслідок чого в дітей можуть з'являтися ознаки, яких не було в батьків). Комбінативна мінливість забезпечує велику різноманітність людства і дає можливість пристосуватися до зміни умов середовища, сприяє виживанню виду.

Гаметогенез – процес формування статевих клітин (гамет). Гаметогенез характеризується рядом важливих біологічних процесів і відбувається з деякими відмінностями при дозріванні сперматозоонів (сперматогенез) і яйцеклітин (оогенез).

У людини та вищих хребетних тварин утворення і розвиток гамет відбувається у статевих залозах – *гонадах* (грецьк. *gone* – сім'я): сперматогенез здійснюється у звивистих сім'яних каналцях, а оогенез – в яєчниках. Обидва процеси відбуваються стадійно і включає 3 послідовні періоди : розмноження, росту, дозрівання. У сперматогенезі виділяють ще четвертий період – формування сперматозоонів з сперматид (мал. 197).

Сперматогенез. Під час сперматогенезу первинний сперматоцит (*сперматоцит I-го порядку*) ділиться двічі шляхом мейозу. Однак при цьому утворюються чотири однакові гаплоїдні *сперматиди*, які внаслідок складних перетворень періоду формування – зміни форми



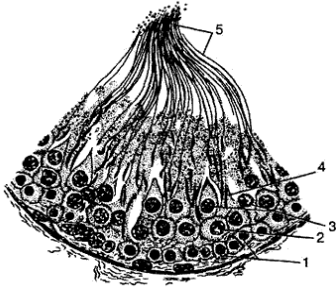
Мал. 197. Гаметогенез (схема) : сперматогенез, оогенез; n – кількість хромосом, c – кількість ДНК. Під час періоду дозрівання відбувається два мейотичних поділи і кожна клітина одержує гаплоїдний набір хромосом й одинарну кількість ДНК (nc)

та розвитку хвоста – дають зрілі сперматозоони. У більшості диких тварин сперматогенез відбувається тільки у певні періоди року. У проміжках між цими періодами у каналцях сім'яників містяться лише сперматогонії. У людини і свійських тварин сперматогенез постійний. У чоловіків процес утворення і формування одного сперматозоїда триває приблизно 70 діб.

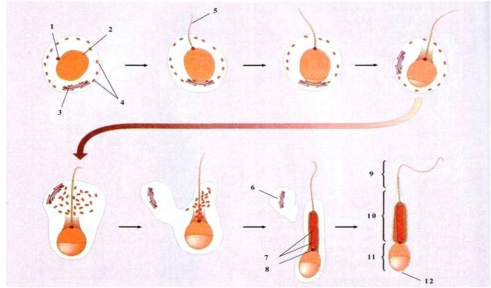
Оогенез: в результаті двох мейотичних поділів (мейозів) з одного первинного ооцита (*ооцита I-го порядку*) утворюються чотири гаплоїдні клітини : одна незріла статеві клітина (*оотид*), яка потім перетворюється на зрілу яйцеклітину, і три *напрявні тільця* (полоцити), які віддають свої поживні речовини яйцеклітині, розсмоктовуються і зникають.

ДІЗНАЙТЕСЯ БІЛЬШЕ

Сперматогенез відбувається в епітелії звивистих каналців сім'яника. На поперечному перерізі через каналець можна спостерігати кілька шарів клітин. Це послідовні стадії розвитку сперматозоонів. Сперматиди перемішуються ближче до просвіту каналця, де з них формуються сперматозоони (мал. 198).

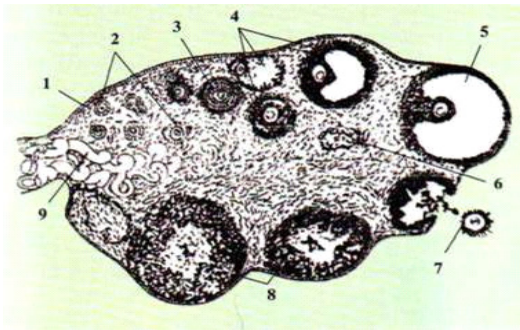


Мал. 198. Будова сім'яного каналця у ссавця: 1 – зовнішній шар (зона розмноження) утворений сперматогоніями; 2 – сперматоцити I-го порядку; 3 – сперматоцити II-го порядку; 4 – сперматиди; 5 – новоутворені сперматозоони



Мал. 199. Сперматогенез. Період формування. Схема формування сперматозоона із сперматиди: 1 – центріоля; 2 – ядро; 3 – комплекс Гольджі; 4 – мітохондрія; 5 – джгутик; 6 – надлишок цитоплазми; 7 – мітохондрія; 8 – центріоля; 9 – хвіст; 10 – шийка; 11 – голівка; 12 – акросома

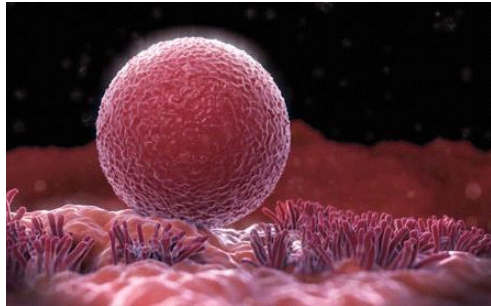
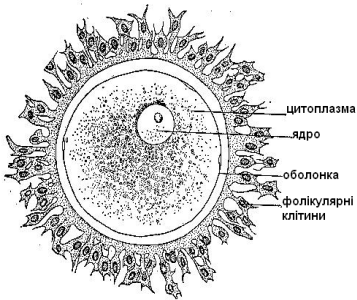
Оогенез. У ссавців і людини період розмноження і росту яйцеклітин відбувається у фолікулах яєчника (мал. 200). Зрілий фолікул заповнений рідиною, всередині його знаходиться яйцеклітина. Під час *овуляції* – виходу яйцеклітини з яєчника в черевну порожнину в результаті розриву стінок зрілого фолікула.



Мал. 200. Схема будови яєчника ссавця. Послідовні стадії дозрівання фолікулів: 1 – поверхневий епітелій; 2 – первинний фолікул; 3 – вторинний пухирчастий фолікул; 4 – утворення порожнини фолікула; 5 – дозрілий фолікул (Граафів пухирчик); 6 – відмираючий фолікул; 7 – вихід яйцеклітини; 8 – жовте тіло; 9 – судини

Період дозрівання яйцеклітини відбувається в маткових трубах, тут же вони і запліднюються. Якщо запліднення не сталося, яйцеклітина покидає організм жінки з місячними (менархе). У диких тварин дозрівання здійснюється переважно у певні сезони року. У жінок звичайно щомісяця дозріває одна яйцеклітина, а за весь період статевої зрілості – 400-500. Для жінки має суттєве значення той факт, що первинні ооцити формуються ще до народження, зберігаються все життя і тільки з настанням статевої зрілості починають дозрівати і дають яйцеклітини. Це значить, що різні негативні фактори (нікотин, алкоголь, наркотики, забруднювачі довкілля, стреси та ін.) упродовж життя впливають на ооцити і можуть викликати порушення нормального розвитку майбутнього потомства.

Будова статевих клітин (гамет). Ядра як чоловічих, так і жіночих гамет подібні і містять спадкову інформацію, яка необхідна для розвитку нового організму. Проте за будовою яйцеклітини і сперматозоїди різняться. *Яйцеклітини* нерухомі, мають переважно кулясту форму; містять всі типові клітинні органели; особливо багато мітохондрій, які забезпечують енергією та створюють ефект цитоплазматичної спадковості своєю кільцевою молекулою ДНК. Отже, ознаки, заковдані в генах мітохондрій успадковуються по материнській лінії. До таких ознак належать втрата зору у центральній частині зорового поля або утворення доброякісної пухлини нирок.



Мал. 201. Яйцеклітина

В яйцеклітинах містяться речовини, які необхідні для розвитку зародка. До них належить поживний матеріал (жовток). У деяких видів тварин жовток яйцеклітин можна побачити неозброєним оком (ікринки риб і земноводних, яйця плазунів і птахів). Найбільші яйцеклітини в оселедцевої акули (29 см у діаметрі). Яйцеклітини вкриті оболонками. Зовні знаходиться оболонка з фолікулярних клітин, які мають ворсинки. Оболонки забезпечують необхідний тип обміну речовин, а в плацентарних ссавців слугують для сполучення зародка зі стінкою матки (мал. 201).

Сперматозоони (сперматозоїди) рухливі, що забезпечує можливість зустрічі гамет. Типовий сперматозоон має головку, шийку і хвіст (мал. 202).

На передньому кінці головки розташована *акросома* (містить *гіалуронідазу* – фермент, який розчиняє оболонку яйцеклітини і сперматозоїд потрапляє всередину). Основну масу головки займає *ядро*. У шийці знаходиться центріоля (клітинний центр) й утворена мітохондріями спіральна нитка. При дослідженні сперматозоонів під електронним мікроскопом виявлено, що цитоплазма голівки має рідинно-кристалічний стан. Цим досягається стійкість сперматозоонів до несприятливих умов зовнішнього середовища. Наприклад, вони менше пошкоджуються іонізуючим випромінюванням, порівняно з незрілими статевими клітинами.

Розміри сперматозоонів мікроскопічні. Найбільші у тритона – близько 500 мкм, у свійських тварин (собака, бик, кінь, баран) – від



Мал. 202. Сперматозоїд людини

40 до 75 мкм. Довжина сперматозоонів людини коливається в межах 52-70 мкм. Всі сперматозоони мають одноіменний (негативний) електричний заряд, що перешкоджає їх склеюванню. У тварин утворюється дуже багато сперматозоонів. Наприклад, при статевому акті собака виділяє їх близько 60 млн, баран – 2 млрд, жеребець – 10 млрд, людина – близько 200 млн.

Для деяких тварин характерні атипові сперматозоони. Наприклад, у ракоподібних вони мають вирости у вигляді променів або відростків, у круглих черв'яків – форму кулястих або овальних тілець тощо.

Опорні точки (висновки).

- Мейоз – це особливий тип поділу ядра та клітини під час гаметогенезу, за якого відбувається редукція числа хромосом і утворюються клітини з гаплоїдним набором хромосом.
- Мейоз відбувається двома послідовними поділами: редукційним та екваційним. У кожному з цих поділів розрізняють чотири фази – профазу, метафазу, анафазу і телофазу.
- Між поділами інтерфаза вкорочена (інтеркінез).
- Мейоз забезпечує сталість каріотипу видів, які розмножуються статевим шляхом.
- Мейоз забезпечує спадкову мінливість – під час кросинговеру (профаза I) і випадкового розподілу хромосом (метафаза I) утворюються нові комбінації генів в хромосомах гамет.
- Гаметогенез – процес формування статевих клітин (гамет). Характеризується низкою важливих біологічних процесів і відбувається з деякими відмінностями при дозріванні сперматозоонів (сперматогенез) і яйцеклітин (оогенез).

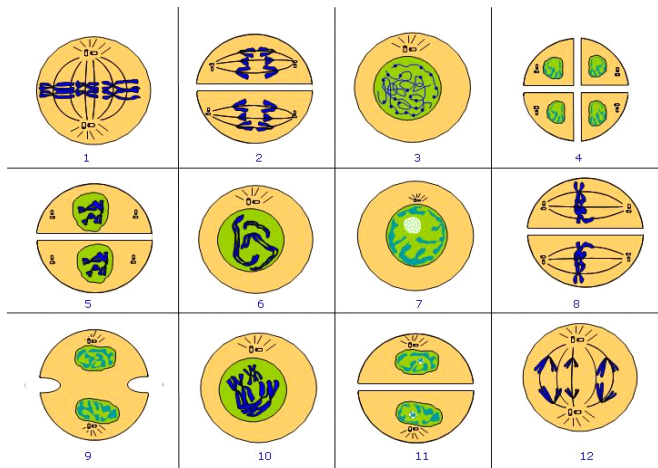
КРОК ЧЕТВЕРТИЙ: відтворюємо.

1. Що таке мейоз?
2. Опишіть перебіг першого поділу мейозу та значення кон'югації хромосом та кросинговеру.
3. Що відбувається під час другого поділу мейозу?
4. Який механізм під час мейозу дозволяє зменшити кількість хромосом в два рази?

5. В чому полягає біологічне значення мейозу?
6. Що таке гаметогенез?
7. Охарактеризуйте процес утворення чоловічих та жіночих статевих клітин.

КРОК П'ЯТИЙ: застосовуємо.

1. Напишіть правильну послідовність фаз і стадій мейозу. Назвіть їх. Підказка, – перша цифра 7.



Мал. 203. Завдання на знання фаз мейозу

2. Порівняйте процеси мітозу та мейозу. Заповніть таблицю:

Ознаки порівняння	Мітоз	Мейоз
Які клітини вступають у поділ?		
Кількість поділів		
Яка клітина утворюється		
Інтерфаза		
Фази поділу		

3. Поясніть, яку максимальну кількість батьківських хромосом може містити сперматозоїд людини і чому.

4. У людини 23 пари хромосом. За якою формулою можна обчислити ймовірність того, що гамета отримає весь набір материнських хромосом?

КРОК ШОСТИЙ: пропонуємо, формулюємо гіпотези та шляхи їх розв'язання.

1. Поясніть, чому у водоростей гамети не диференційовані на чоловічі й жіночі.

2. У рослин в результаті мейозу утворюються спори, а у тварин – гамети, чому? Відповідь обґрунтуйте.

3. Поясніть, чому різняться результати сперматогенезу та оогенезу за кількістю статевих клітин.

4. Скільки яйцеклітин дадуть 4000 оогоніїв у процесі оогенезу? Відповідь поясніть.

5. У рослини утворилось 40 насінин. Скільки материнських мегаспор брало участь в їхньому утворенні? Який набір хромосом має насінина?

КРОК до ЗНО.

1. Мейоз – це:

А подвоєння ДНК хромосом без поділу ядра

Б універсальний, широко розповсюджений непрямий поділ клітини

В прямий поділ клітини

Г два послідовних поділи соматичних клітин статевих залоз, у результаті якого з диплоїдних клітин утворюються гаплоїдні статеві клітини (гамети)

2. Другий поділ мейозу називають:

А модифікаційним

Б екваційним

В редуційним

Г комбінаційним

3. Кросинговер відбувається під час:

А диплотени

Б пахітени

В діакінезу

Г мітозу

4. Деконденсовані хромосоми, мають вигляд довгих тонких ниток у.

А метафазі мейозу

- Б метафазі мітозу
 - В лептотені
 - Г анафазі мейозу
5. У зиготені відбувається:
- А щільне зближення по всій довжині (кон'югація) гомологічних хромосом
 - Б розчинення ядерної оболонки
 - В деспіралізація хромосом
 - Г формування веретена поділу
6. Перший поділ мейозу називають:
- А модифікаційним
 - Б екваційним
 - В редуційним
 - Г комбінаційним
7. Вкажіть кількість хромосом характерних для телофази I мейозу в клітині овець ($2n = 54$):
- А 54
 - Б 13,5
 - В 108
 - Г 27
8. Гаметогенез – це:
- А процес утворення гамет (чоловічих і жіночих статевих клітин).
 - Б процес формування і розвитку статевих залоз в онтогенезі
 - В розвиток яйцеклітини без запліднення
 - Г прямий поділ клітини.
9. Біологічне значення мейозу полягає в:
- А редуції числа хромосом, генетичній рекомбінації, і перекombінації хромосом.
 - Б збільшенні числа хромосом, генетичній стабільності статевих клітин
 - В отриманні генетично ідентичних нащадків
 - Г підтриманні біологічної стабільності виду
10. Розмістіть стадії розвитку сперматозоїда у послідовності від першої до останньої:

- А стадія дозрівання;
- Б стадія розмноження;
- В стадія росту;
- Г стадія формування.

11. Розмістіть стадії розвитку яйцеклітини у послідовності від останньої до першої:

- А стадія росту;
- Б стадія формування;
- В стадія розмноження;
- Г стадія дозрівання.

Лабораторна робота

Тема. Будова статевих клітин

Мета: на прикладі сперматозоїдів та яйцеклітин хребтних докладно розглянути особливості будови статевих клітин, порівняти їх, сформулювати висновок про відмінності будови статевих клітин.

Обладнання й матеріали: мікроскопи, постійні мікропрепарати або фотографії сперматозоїдів і яйцеклітин хребтних тварин, посібник, робочий зошит.

Хід роботи

1. Розгляньте під мікроскопом постійний препарат сперматозоїдів (за відсутності препаратів розгляньте рисунок або фотографію сперматозоїдів).

2. У робочому зошиті намалюйте схему будови сперматозоїда й позначте його основні частини.

3. Розгляньте під мікроскопом постійний препарат яйцеклітини (за відсутності препаратів розгляньте рисунок або фотографію яйцеклітини).

4. У робочому зошиті намалюйте схему будови яйцеклітини й позначте її основні частини.

5. Зробіть висновок, у якому вкажіть, чим обумовлені відмінності в будові чоловічих і жіночих статевих клітин.

§ 34. ЗАПЛІДНЕННЯ ТА ЙОГО ФОРМИ

Терміни та поняття: запліднення, зовнішнє та внутрішнє запліднення; подвійне запліднення, екстракорпоральне запліднення.

КРОК ПЕРШИЙ: пригадаємо.

- Назвіть форми розмноження живих організмів.
- Яка форма статевого процесу характерна для одноклітинних організмів?
- Яку біологічну роль виконують гамети?
- Що таке копуляція?
- Чому партеногенез вважається формою статевого розмноження?
- Що таке зигота?

КРОК ДРУГИЙ: визначаємось (крок у майбутнє).

Напевно багатьом відома казка про царя, який шукав найсолодшу річ у світі. Після тривалих пошуків і смакувань плодів та страв усіх народів світу він випадково помітив, як спить немовля на руках своєї матері. І в ту мить вельможа зрозумів, що усі його пошуки були даремними – найсолодшим є сон немовляти. Усі ці почуття можна охопити одним висловом – радощі материнства. Щасливі ті жінки, які мають змогу їх відчувати. На жаль, сьогодні безпліддя є однією із болючих проблем багатьох сімейних пар. Причин безпліддя багато, але головне – потрібно щоб сперматозоїд і яйцеклітина зустрілись (щоб відбулося запліднення).

Отже, дізнаємось про процес запліднення з біологічної точки зору.

КРОК ТРЕТІЙ: навчаємось.

Існують два способи запліднення: зовнішнє і внутрішнє. Більшість водних хребетних тварини (кісткові риби, бехвості земноводні та ін.) відкладають ікру (яйцеклітини) і виділяють сперматозоони у воду, де і відбувається зовнішнє запліднення. Ссавцям, людині, хрящовим риbam (акулам, скатам), хвостатим земноводним (тритонам) властиве внутрішнє запліднення. Внутрішнє запліднення відбувається в статевих шляхах організму самки. Зародок, в такому випадку, розвивається або в середині тіла самки (внутрішньоутробний розвиток у ссавців), або в яйцях, вкритих шкаралупою (комахи, плазуни, птахи, яйцекладні ссавці).

У тварин розрізняють два типи запліднення – моноспермію та поліспермію. За моноспермного запліднення у яйцеклітину потрапляє тільки один сперматозоїд, а за поліспермного – кілька сперматозоїдів. Моноспермне запліднення характерне для всіх тварин з зовнішнім заплідненням та більшості з внутрішнім. Поліспермія характерна для комах, павукоподібних та хрящових риб.

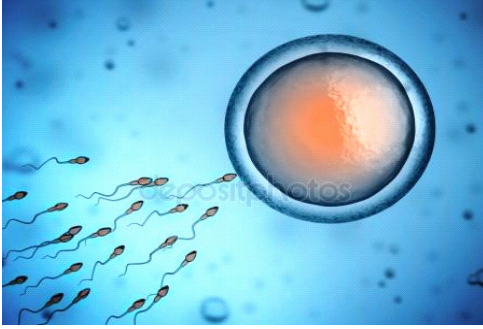
Процес запліднення у тварин і людини (мал. 204, 205). Запліднення може настати одразу після завершення яйцеклітиною стадії дозрівання. У цей період вона вкрита прозорою облонкою та шаром (променистим вінцем) фолікулярних клітин, містить гаплоїдний набір (23 хромосоми).

Під час запліднення відбуваються два важливі процеси : 1 – активація яйцеклітини (збудження до розвитку); 2 – утворення диплоїдного ядра зиготи ($2n$) у результат злиття гаплоїдних ядер (n) двох статевих клітин. Зустрічі гамет сприяє те, що яйцеклітина виділяє певні хімічні речовини, які приваблюють і активують сперматозоїди.

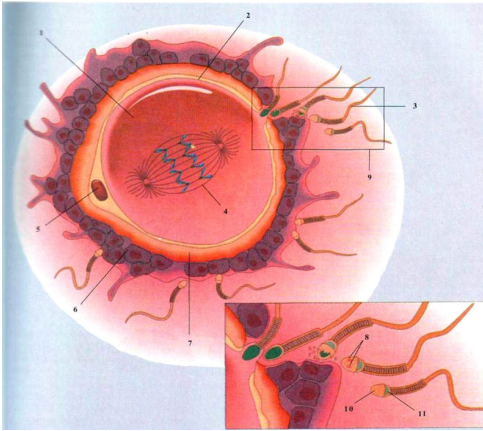
Проникнення сперматозоїда відбувається завдяки *акросомній реакції*: оболонка акросоми при контакті з яйцеклітиною руйнується (в ній утворюються отвори). З акросоми викидається акросомна нитка, що виділяє фермент гіалуронідазу, що розчиняє оболонки навколо яйцеклітини і це дозволяє сперматозоїду потрапити всередину. Проникнення сперматозоїда у яйцеклітину змінює її обмін речовин, що виявляється у морфологічних та фізіологічних змінах (активізуються синтетичні процеси, змінюється в'язкість цитоплазми). На поверхні відшаровується *оболонка запліднення*, яка не дозволяє іншим сперматозоїдам проникнути до яйцеклітини.

Кульмінацією процесу запліднення є злиття ядер яйцеклітини і сперматозоїда. Утворюється диплоїдне ядро зиготи, яке починає дробитися (ембріональний період розглянемо потім окремо).

Цікавий факт. Вивчення фізіології запліднення засвідчило необхідність певної (але великої) кількості сперматозоїдів (так зв. «критичної маси сперматозоїдів»), які беруть участь у заплідненні. Зокрема, коли при штучному осіменінні кролів у сім'яній рідині міститься менше 1000 сперматозоонів, запліднення не відбувається. Це пояснюється необхідністю присутності певної кількості біологічно активних речовин.



Мал. 204. Тільки один з 200 млн сперматозоїдів запліднює яйцеклітину



Мал. 205. Схема запліднення: 1 – цитоплазма яйцеклітини; 2 – мембрана яйцеклітини; 3 – сперматозоїди; 4 – мейоз II в яйцеклітині; 5 – напрямне тільце (первинний полоцит); 6 – шар (вінець) з фолікулярних клітин; 7 – прозора оболонка яйцеклітини; 8 – перфорації (отвори) у стінці акросоми; 9 – акросомна реакція (виокремлено); 10 – акросома; 11 – ядро сперматозоїда (23 хромосоми)

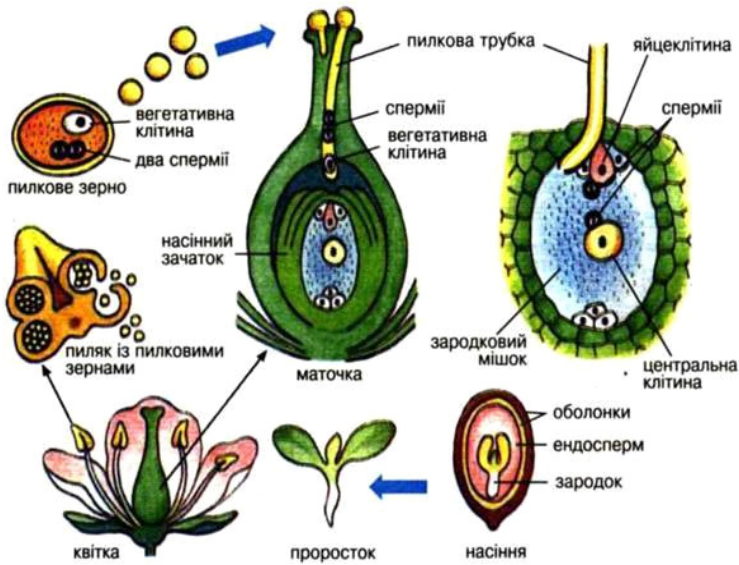
Механізми запліднення у рослин. У рослин існують певні відмінності в механізмах запліднення, але біологічна сутність (злиття гамет) залишається. У багатоклітинних водоростей гамети утворюються у спеціальних утворах – гаметангіях, запліднення відбувається в воді. Запліднення у вищих спорових рослин (мохів, папоротей, плаунів та хвощів) пов'язане з появою статевих органів – антеридіїв та архегоніїв та розвитком в них чоловічих і жіночих гамет. Рослини, на яких утворюються статеві органи називаються *гаметофітами*. Головною умовою для запліднення є наявність води. Спермії завдяки воді досягають яйцеклітин, що знаходяться в архегоніях.

Запліднення у вищих насінних рослин відбувається завдяки *запиленню* (процесу перенесення пилку з тичинок на приймочку маточки).

Запилення може бути перехресним (алогамія), самозапиленням (автогамія) та штучним. Перехресне запилення – пилок з тичинок однієї квітки потрапляє на іншу. При перехресному запиленні пилок може переноситися комахами (ентомофілія), вітром (анемофілія), водою (гідрофілія), тваринами (зоофілія). Штучне запилення здійснюється людиною. В самозапилюючих рослин пилок переноситься в межах однієї квітки (горох, квасоля, пшениця, овес та ін.).

В голонасінних запліднення одинарне – один спермій зливається з однією яйцеклітиною. В покритонасінних – *подвійне запліднення* – в зародковий мішок насінневого зачатку потрапляє два спермії (мал. 206).

Сутність подвійного запліднення: один спермій (n) зливається з яйцеклітиною (n) і утворює зиготу ($2n$) – зародок майбутньої рослини. Другий спермій (n) зливається з диплоїдною центральною клітиною ($2n$) і утворюється триплоїдна клітина ($3n$), з якої розвивається поживна тканина – ендосперм. Із покривів насінного утворюється шкірка насінини, а стінки зав'язі маточки розростаються, видозмінюються і стають оплоднем.



Мал. 206. Подвійне запліднення у квіткових рослин

Цей універсальний для всіх покритонасінних рослин статевий процес відкритий в 1898 р відомим професором Київського університету С. Г. Навашиним.

Статеве розмноження у грибів різноманітне. У нижчих грибів відбувається шляхом злиття двох одноядерних гаплоїдних клітин. Вищі гриби розмножуються за допомогою спор статевого походження – базидіоспор (або аскоспор). Внаслідок каріогамії (злиття ядер) утворюється диплоїдне ядро, яке без періоду спокою ділиться редукційно, дає гаплоїдні ядра, що стають центрами утворення спор. В циклі розвитку вищого гриба чергуються три ядерні фази: гаплоїдна, дикаріотична і диплоїдна. Спори, які утворюються внаслідок статевого процесу у грибів, називаються спорами статевого розмноження, або статевим спороношенням.

Біологічне значення запліднення: 1) об'єднання гаплоїдних наборів хромосом відновлює диплоїдний набір хромосом; 2) запліднення забезпечує безперервність зв'язку між поколіннями організмів; 3) вибірковість запліднення (запліднення тільки в межах виду) забезпечує збереження виду як цілого; 4) у результаті поєднання гамет двох організмів у потомків утворюються нові ознаки, – з'являється матеріал для добору.

Штучне або екстракорпоральне запліднення (ЕКЗ) – запліднення яйцеклітини людини поза організмом. Принцип метода: напередодні овуляції хірургічним шляхом яйцеклітину вилучають з яєчника, поміщують у спеціальне середовище із сперматозоїдами. Може відбутися сполучення статевих клітин (запліднення).

Успішне проведення ЕКЗ вимагає відповідної підготовки жіночого організму. Для цього здійснюють стимуляцію дозрівання фолікулів шляхом введення в організм жінки гормональних препаратів (одержують декілька яйцеклітин, що підвищує шанси на успішне запліднення). Контроль дозрівання здійснюють за допомогою УЗД (ультразвукового дослідження). Після досягнення фолікулами необхідних розмірів здійснюється проколювання яєчника та отримання яйцеклітин. Процес отримання сперматозоїдів для ЕКЗ зазвичай здійснюється природнім шляхом.



Мал. 207. Штучне (екстракорпоральне запліднення)

Ембріони, отримані шляхом штучного запліднення, культивуються у поживному середовищі. У цьому середовищі відбувається дроблення. Отримані ембріони ретельно відбираються та підсаджуються у матку жінки не пізніше, ніж на п'ятий день після запліднення. Як правило, вноситься декілька ембріонів, щоб збільшити шанси на імплантацію хоча б одного з них. В результаті такого підходу вагітності, що виникли внаслідок штучного запліднення, часто бувають багатоплідними.

Опорні точки (висновки).

- Запліднення – це процес з'єднання (злиття) зрілої чоловічої (сперматозоона) і жіночої (гамети) статевих клітин, наслідок якого утворюється одна клітина (зигота, яйце), що стає початком нового організму.
- У процесі філогенезу у тварин виникли два способи запліднення: зовнішнє і внутрішнє. Зовнішнє відбувається у водному середовищі поза організмом самки.
- Внутрішнє запліднення відбувається в статевих шляхах організму самки.
- З фізіологічної точки зору у тварин розрізняють два типи запліднення – моноспермію та поліспермію. За моноспермного запліднення у яйцеклітину потрапляє тільки один сперматозоїд, а за поліспермного – кілька сперматозоїдів.

- Під час запліднення відбуваються два важливі процеси: активація яйцеклітини; утворення синкаріону – диплоїдного ядра зиготи у результаті злиття гаплоїдних ядер статевих клітин.
- У рослин існують певні відмінності в механізмах запліднення, але біологічна сутність (злиття гамет) не змінюється.
- Особливою формою запліднення є подвійне запліднення покритонасінних рослин.
- У нижчих грибів відбувається злиття двох одноядерних гаплоїдних клітин у формі ізогамії, гетерогамії чи оогамії.
- Вищі гриби розмножуються за допомогою спор статевого походження – базидіоспор (або аскоспор).
- Біологічна роль запліднення полягає у наступному: внаслідок об'єднання гаплоїдних наборів хромосом статевих клітин відновлюється диплоїдний набір хромосом, характерний для соматичних клітин даного виду організмів; забезпечується безперервність матеріального зв'язку між поколіннями організмів; утворюються нові комбінації генів, що визначають появу нових ознак; з'являється матеріал для природного добору; забезпечується існування виду в цілому.

КРОК ЧЕТВЕРТИЙ: відтворюємо.

- Що таке запліднення?
- Назвіть способи запліднення і наведіть відповідні приклади.
- Охарактеризуйте процес запліднення у тварин.
- В чому полягає відмінність запліднення у водоростей та вищих спорових рослин?
- Охарактеризуйте процес подвійного запліднення у квіткових рослин.
- Які особливості має запліднення у грибів?
- Розкрийте значення процесу запліднення для живих організмів.

КРОК П'ЯТИЙ: застосовуємо.

- Поясніть генетичне значення запліднення.
- В чому проявляється перевага подвійного запліднення у покритонасінних рослинах над заплідненням у голонасінних?

- Поясніть, чому яйцеклітини тварин, у яких зовнішнє запліднення мають незначний запас поживних речовин, а в тих, що внутрішнє – великий.
- Чому гриби мають особливі способи запліднення?

КРОК ШОСТИЙ: пропонуємо, формулюємо гіпотези та шляхи їх розв’язання.

- Який спосіб запліднення (зовнішнє чи внутрішнє) притаманний більшості наземних хребетних? Чому? Відповідь обґрунтуйте.
- Чому ж внутрішнє запліднення переважає над зовнішнім?
- В чому проявляється перевага подвійного запліднення насінних перед заплідненням у спорових рослин.
- Який вид запліднення у тварин є найдосконалішим? Відповідь обґрунтуйте.

КРОК до ЗНО.

1. Під час самозапліднення:

- А зливаються гамети, утворені однією особиною;
- Б зливаються гамети, утворені різними особинами;
- В зливаються спори, утворені однією особиною;
- Г зливаються спори, утворені різними особинами;

2. Подвійне запліднення притаманне:

- А водоростям;
- Б мохоподібним;
- В голонасінним;
- Г покритонасінним.

3. Назва процесу злиття жіночої та чоловічої статевих клітин:

- А оогенез;
- Б гаметогенез;
- В запліднення;
- Г сперматогенез.

5. З’ясуйте сутність внутрішнього запліднення у тварин:

- А статеві клітини не зливаються
- Б статеві клітини зливаються поза організмом;
- В статеві клітини зливаються в органах статевої системи;
- Г новий організм розвивається з незаплідненої яйцеклітини.

6. Сперматозоїд має:
- А поживні речовини;
 - Б війки;
 - В акросому;
 - Г дилоїдний набір хромосом.
7. Форма розмноження, за якої утворюються яйцеклітини:
- А статеве;
 - Б нестатеве;
 - В вегетативне;
 - Г брунькування.
8. Установіть відповідність між термінами і прикладами.
- | | |
|------------------------|---------------|
| 1 Подвійне запліднення | А амеба |
| 2 Звичайне запліднення | Б Вірус грипу |
| 3 Брунькування | В Квасоля |
| 4 Поділ | Г Гідра. |

ДІЗНАЙТЕСЯ БІЛЬШЕ

Зазвичай запліднення яйцеклітини відбувається відразу після злиття її з сперматозоїдом. Але у деяких тварин існують механізми затримки запліднення до весняно-літнього сезону.

Так у кажанів при пізньому осінньому спарюванні запліднення не відбувається. Яйцеклітина дозріває лише ближче до весни, а сперматозоїди перезимовують в статевих органах самки, і запліднюють її. Розвиток зиготи може затягнутися (консервується) до настання сприятливого для потомства сезону, з настанням весни її розвиток продовжується.



Мал. 208. Запліднення у кажанів

Наука – практиці.

Безпліддя – це трагедія багатьох сімей. Можливість зачати дитину залежить від багатьох причин, але в першу чергу від стану яйцеклітин і сперматозоїдів (тобто, від нормального перебігу процесів оогенезу і сперматогенезу, які знаходяться контролюються гормонами ендокринної системи людини). Успішне лікування ендокринного жіночого безпліддя стало можливим завдяки замісній гормональній терапії (стимуляції овуляції). Така стимулююча терапія нормалізує процеси дозрівання фолікулів, сприяє виробленню здорових яйцеклітин і готує організм жінки до виношування вагітності. Проблемами чоловічого безпліддя займаються андрологи – лікарі, що спеціалізуються на лікуванні захворювань чоловічої статеві сфери.

§ 35. РІСТ І РОЗВИТОК КЛІТИН. ФАКТОРИ РОСТУ

Терміни та поняття: онтогенез, філогенез, ріст, розвиток, фактори росту, пухлина, старіння клітин, апоптоз, онкогенні фактори

КРОК ПЕРШИЙ: пригадуємо.

1. Що таке ріст організмів?
2. Чим відрізняється ріст рослин від росту тварин?
3. Яким тваринам притаманний необмежений ріст? Якими чинниками він обумовлений?
4. Чим відрізняється процес росту від процесів розвитку?
5. Які чинники впливають на процеси росту та розвитку живих організмів?

КРОК ДРУГИЙ: визначаємо (крок у майбутнє)

Для всіх живих організмів від народження характерна певна періодизація життя, яка пов'язана з такими категоріями як ріст, розвиток та смерть. Вивченням механізмів цих процесів переймаються вчені ще з часів Гіппократа (460-377 рр. до н.е.). У 1986 році італійський нейробіолог Рита Леві-Монтальчینی разом із Стенлі Коеном отримали Нобелівську премію з фізіології і медицини за відкриття факторів росту клітин. Такою ж високою нагородою були відзначені у 2009 році американські вчені Елізабет Блекберн, Джек Шостак і Керол Грейдер за дослідження цитологічних та фізіологічних механізмів старіння клітин. Отож, ознайомимося з процесами росту, розвитку і старіння клітин та факторами, які на них впливають.

КРОК ТРЕТІЙ: навчась.

У *онтогенезі* (індивідуальному розвитку організму) прийнято розрізняти дві складові: кількісні зміни - ріст (мал. 209) та якісні - розвиток (мал. 210).

Механізми, які забезпечують ріст: збільшення розмірів і кількості клітин; накопичення неклітинної речовини та продуктів життєдіяльності клітин. Розрізняють два типи росту: обмежений і необмежений. Необмежений ріст триває впродовж усього періоду індивідуального розвитку (наприклад, рослини, риби). Обмежений ріст триває лише

Ріст – збільшення маси і лінійних розмірів організму і його окремих органів; відбувається за рахунок новоутворення клітин; передбачає кількісні зміни в організмі.



Мал. 210. Розвиток



Мал. 209. Ріст

Розвиток – це сукупність незворотних якісних морфологічних і фізіологічних змін в організмі від моменту його зародження до кінця життя.

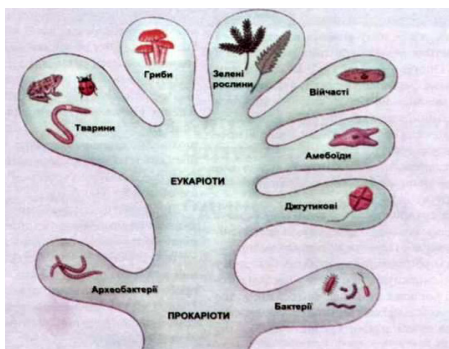
в певний період онтогенезу, як правило до досягнення статевої зрілості (у більшості тварин). Ріст і розвиток доцільно розглядати як взаємопов'язані біологічні явища. Згідно з сучасними уявленнями, розвиток організмів розглядається як комплекс якісних перетворень. Якісні зміни – це диференціація, перетворення структури і функцій організму, його окремих частин і органів.

Філогенез – процес історичного розвитку живої природи та окремих систематичних груп організмів

Крім поняття індивідуальний розвиток живих організмів (онтогенез), існує поняття – *філогенез*.

Філогенез і онтогенез – це дві форми розвитку організмів: історичного розвитку певного виду організмів та індивідуального розвитку конкретного організму.

Фактори росту клітин. Для регуляції поділу, росту і розвитку, клітини взаємодіють між собою, обмінюються інформацією. Це відбувається шляхом виділення хімічних речовин, утворення



Мал. 211. Філогенез живих організмів

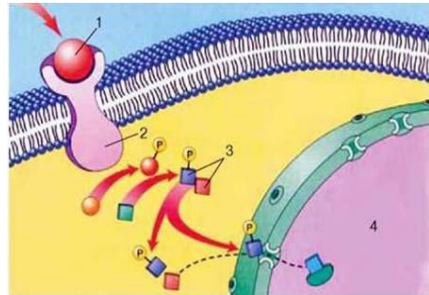
контактів між мембранами клітин. Зазвичай клітини діляться тоді, коли знаходяться у відповідному оточенні з іншими клітинами. Клітинам для росту і розвитку необхідні в специфічні *фактори росту* – різноманітні органічні речовини, серед яких амінокислоти, пептиди, білки, ферменти стероїди тощо. Фактори росту зв'язуються із специфічними рецепторами в плазматичній мембрані клітини-мішені і здійснюють певну регуляторну дію в інтерфазі чи фазах мітозу (мал. 212).

ФАКТОРИ, ЩО КОНТРОЛЮЮТЬ КЛІТИННИЙ ЦИКЛ

Цикліни – білки, концентрація яких циклічно змінюється протягом клітинного циклу.

Циклін-залежні кінрази (Cdk) – ферменти, що активують інші протеїни за наявності циклінів та забезпечують:

- конденсацію хроматину;
- формування веретена поділу;
- деградацію ядерної оболонки та органел.



Мал. 212. Передача факторів росту в клітину: фактор росту (1) взаємодіє з рецепторною молекулою плазматичної мембрани (2) і потрапляє всередину клітини. Завдяки комплексу ферментів (3) він проникає в ядро (4)

Порушення регуляція клітинного циклу веде до загибелі клітини. Біологічно активні речовини, що здатні моделювати клітинний ріст активно вивчаються науковцями. Доведено, що одноклітинні організми (найпростіші, бактерії) практично не старіють. Коли їх розвиток досягає певної межі, починається їх поділ.

Ріст рослин. Основою росту рослини є поділ клітин меристематичної (твірної) тканини. Розрізняють апікальну, латеральну і інтеркалярну (вставну) меристеми (мал. 213). Апікальна меристема, або верхівкова – утворює тканини стебел і коренів. Латеральна (бічна) меристема (камбій) розташована паралельно бічній поверхні органа і дає можливість рости рослині в товщину. Інтеркалярна (вставна) – розташована у міжвузлях стебла й у основі листків рослин злаків. Вона забезпечує ріст у довжину внаслідок видовження міжвузлів. У місцях поранення рослин утворюється – ранева меристема, яка забезпечує регенерацію тієї чи іншої тканини (мал. 214).



- 1 – апікальні (верхівкові)
- 2 – ітеркалярні (вставні)
- 3 – латеральні (бокові)

Мал. 213. Меристематичні (твірні) тканини



Мал. 214. Ранева меристема

Твірна діяльність верхівкової (апікальної) меристеми зберігається протягом усього онтогенезу, тому рослинний організм має здатність до необмеженого росту.

Клітини рослин проходить ряд послідовних етапів (фаз) росту і розвитку: поділ (ембріональна фаза), ріст і розтягання (фаза розтягання), диференціація клітин (фаза диференціації), старіння і смерті. Для ембріональної фази характерний поділ клітин, збільшення маси їх цитоплазми і ядра. Тканини, що активно ростуть (ембріональні клітини точок росту зокрема), синтезують біологічно активні речовини (*фітогормони*) – ауксини, цитокиніни, гібереліни та ін.

Для зон клітинного поділу характерний інтенсивний обмін речовин. Дочірні клітини, досягаючи розмірів материнської, можуть знову ділитися. Після 3–5 поділів клітини периферійної зони переходять у фазу розтягання. Для цієї фази характерне швидке збільшення об'єму клітин, який зростає в 50–100 разів. Ріст клітини відбувається завдяки збільшенню вакуолі, що розтягує клітину. Такий ріст забезпечує збільшення площі листових пластинок, довжини стебла і кореневої системи рослин. Спеціалізація клітин є наслідком диференціальної активності їх генів. На активність генів впливають і зовнішні фактори (температура, світло й ін.). У фазі диференціації з'являються клітини механічних і провідних тканин. Після диференціювання у фазі зрілості клітина виконує функції, закладені в її організації. Старіння і смерть завершують онтогенез клітин.

Старіння і смерть клітин. У процесі життєдіяльності, після досягнення певного віку клітини старіють. Механізми клітинного старіння залишаються нез'ясованими. Згідно з однією гіпотезою, старіння є результатом катастрофічного нагромадження помилок біосинтетичних механізмів клітини, згідно з іншою – воно є наслідком обмеження можливостей росту клітин. Вважають, що старіння клітин є механізмом стабілізації кількості клітин у дорослому організмі.

Тривалість життя клітин у різних тканинах дорослого організму людини неоднакова. Клітини деяких тканин живуть дуже коротко – від декількох хвилин (лейкоцити) до декількох діб (клітини кишкового епітелію), чи багатьох років (нейрони). У фізіологічних умовах старіння клітин закінчується програмованою смертю – апоптозом.

Апоптоз (від грец. *apoptosis* – листопад, опадання) – природна (запрограмована, фізіологічна) смерть клітин; це активний, генетично контрольований процес загибелі клітин, який регулюється внутрішньоклітинною програмою, а запускається зовнішніми факторами. Апоптоз називається «смертю клітини в результаті самознищення». Особливістю апоптозу є те, що він настає в окремих клітинах або в їх групах, розділених значними угрупованнями життєздатних клітин. Апоптоз спостерігається в різних клітинах людини і тварин в нормі, при патології, як у дорослих особин, так і під час ембріонального розвитку. Апоптоз триває досить коротко – від декількох хвилин до декількох годин (у середньому від 1 до 3 годин).

Поняття про пухлини та онкогенні фактори. Зміни в регуляції росту та розвитку клітин можуть викликати їх патологічний стан.

Пухлина – це патологічно новостворена чи трансформована тканина, клітини якої втратили контроль над власною регуляцією, ростом, розвитком і диференціюванням.

Клітини змінюються, викликаючи розвиток пухлин, якщо самостійно починають синтезувати фактори росту; клітини, що продукували фактори росту починають на них реагувати; у клітинах за відсутності дії на них факторів росту починається синтез ДНК та активний неконтрольований поділ мітозом (доброякісна пухлина) чи амітозом (злоякісна).

У клітині еволюційно сформувалась система самозахисту на генетичному рівні. Зокрема, виявлено ген, який несе інформацію про фермент, що контролює цілісність ДНК. Якщо такий фермент виявляє ушкоджену ДНК, він зупиняє її реплікацію та активує інші ферменти, необхідні для відновлення структури ДНК. Після цього мітоз відновлюється. Якщо відновити молекулу ДНК не вдається, цей фермент стимулює *апоптоз* (запрограмовану смерть клітини). Виявлено, що апоптоз відсутній у ракових клітинах. Виявлені гени, які внаслідок пошкодження стають онкогенними (тобто, спричинюють неконтрольований поділ клітин). Водночас є гени, які пригнічують утворення ракових пухлин. Варто відзначити, що щодня в організмі людини утворюються мільйони ракових клітин. Однак імунологічний апарат організму не дозволяє ситуації вийти з-під контролю, і потенційно небезпечні клітини вчасно знищуються.

Порушення регуляції клітинного циклу може призводити й до пошкодження хромосом, що спостерігається при злоякісних новоутвореннях (пухлинах). Пухлинний процес торкається усіх органів і тканин організму. В силу різних факторів генетичний апарат здорової клітини піддається певним трансформаціям і вона перетворюється на ракову.

Причини виникнення злоякісних пухлин різноманітні, тому немає єдиної теорії раку. Встановлена залежність виникнення пухлин під дією зовнішніх та внутрішніх факторів: 1) фізичних чинників (ультрафіолетове опромінення, ультразвук, іонізуюче випромінювання, термічні та механічні пошкодження); 2) хімічних речовин (пестициди, нітрати, солі важких металів та ін.); 3) біологічних (віруси, бактерії); 4) спадкових (генетична схильність); 5) ендокринних (розлади гормональної рівноваги в організмі). Чинником виникнення ракових пухлин є також хронічні захворювання (виразкова хвороба шлунку, пневмонія і бронхіт, мастопатія та ін.).

Сучасна медицина здатна вилікувати злоякісні пухлини різних локалізацій, якщо їх вчасно діагностовано на ранній стадії. Методами ранньої діагностики є: цитологічні, ендоскопічні, УЗД, комп'ютерна та магнітно-ядерна томографія. Регулярні профілактичні огляди дають змогу вчасно виявляти видимі локалізації раку. Основне завдання – в

будь-який спосіб зменшити кількість злоякісних клітин до того рівня, за якого зможе працювати імунітет для подальшого знищення пухлини.

Опорні точки (висновки).

- У онтогенезі прийнято розрізняти дві складові : кількісні зміни (ріст) та якісні (розвиток).
- Ріст – збільшення маси і лінійних розмірів організму і його окремих органів; відбувається за рахунок новоутворення клітин; передбачає кількісні зміни в організмі.
- Розрізняють два типи росту: обмежений і необмежений. Необмежений ріст триває впродовж усього періоду індивідуального розвитку. Обмежений ріст триває лише в певний період онтогенезу, як правило до досягнення статевої зрілості.
- Розвиток – це сукупність незворотних якісних морфологічних і фізіологічних змін в організмі від моменту його зародження до кінця життя.
- Філогенез – історичний розвиток як окремих видів і систематичних груп організмів, так і органічного світу в цілому.
- Основою росту тканин, органів і всієї рослини є утворення і ріст клітин меристематичної тканини. Регуляцію росту рослинних клітин здійснюють фітогормони.
- Клітини тваринних організмів отримують сигнали від білків, які називають факторами росту, оскільки вони впливають на поділ клітин.
- Порушення регуляція клітинного циклу веде до загибелі клітини.
- Зміни в регуляції росту та розвитку клітин можуть викликати їх патологічну зміну й розвиток пухлин.
- Пухлина – це патологічна новостворена тканина, клітини якої втратили контроль над власною регуляцією, ростом і диференціюванням.
- Сучасна медицина здатна вилікувати злоякісні пухлини майже всіх локалізацій, якщо їх діагностовано на ранній стадії.

КРОК ЧЕТВЕРТИЙ: відтворюємо.

1. Що таке ріст? Які види росту живих організмів ви знаєте?
2. Які речовини є чинниками росту рослинних клітин?

3. Яка тканини забезпечує ріст тканин, органів і всієї рослини?
4. Які речовини є чинниками росту тваринної клітини?
5. Що таке розвиток?
6. Дайте визначення онтогенезу та філогенезу.
7. Назвіть фактори, які спричиняють виникнення пухлин.
8. За яких умов рак можна вилікувати?

КРОК П'ЯТИЙ: застосовуємо.

1. На присадибній ділянці садоводом було помічено пошкодження покривів кори молодого дерева. Поясніть, який процес допоможе рослині рости і розвиватись?

2. Коли в родині народився син, батько посадив дерево. Поясніть, хто буде більшого зросту через 15 років і чому?

3. Кожна людина має один раз на рік обов'язково проходити медичний огляд, але дехто вважає себе цілком здоровим і відмовляється від цього. Які аргументи ви наведете, щоб пояснити таким людям їх помилку?

КРОК ШОСТИЙ: пропонуємо, формулюємо гіпотези та шляхи їх розв'язання.

1. Підтвердіть, або спростуйте твердження, що коли організм досягає своїх розмірів, ріст клітин не припиняється. Відповідь аргументуйте.

2. Охарактеризуйте систему захисту клітин на генетичному рівні. Поясніть, чому вона не завжди спрацьовує.

3. Підготуйте повідомлення про заходи профілактики утворення пухлин.

КРОК до ЗНО.

1. Розміри клітин збільшуються завдяки:
 - А росту;
 - Б розмноженню.
2. Ріст, що триває до певних меж:
 - А періодичний;
 - Б обмежений;
 - В ізометричний;
 - Г безперервний.

3. Історичний розвиток певного виду організмів це
 - А філогенез;
 - Б онтогенез;
 - В ембріогенез;
 - Г гаметогенез
4. Вкажіть, яка меристема забезпечує ріст кореня в довжину
 - А верхівкова;
 - Б бічна
 - В вставна;
 - Г ранева
5. Твірною тканиною рослин є:
 - А кора;
 - Б флоема;
 - В камбій;
 - Г серцевина бульби картоплі.
6. Ріст, за якого всі органи ростуть з однаковою швидкістю:
 - А періодичний;
 - Б обмежений;
 - В ізометричний;
 - Г безперервний.
7. Ріст, за якого короточасні періоди збільшення розмірів тіла змінюються періодами, упродовж яких розміри тіла не змінюються:
 - А періодичний;
 - Б обмежений;
 - В ізометричний;
 - Г безперервний.
8. Встановіть правильну послідовність етапів росту і розвитку клітини рослин:
 - А поділ (ембріональна фаза);
 - Б дроблення клітин зародка;
 - В ріст і розтягнення клітин (фаза розтягнення);
 - Г диференціація клітин (фаза диференціації);
 - Д старіння і смерті.

§ 36. ОНТОГЕНЕЗ: ОСОБЛИВОСТІ ПЕРІОДІВ У БАГАТОКЛІТИННИХ ОРГАНІЗМІВ

Терміни та поняття: онтогенез, зигота, дроблення, бластула, гастрюла, гістогенез, органогенез, ембріональна індукція, періоди постембріонального розвитку, геронтологія.

КРОК ПЕРШИЙ: пригадуємо.

1. Що таке розвиток?
2. Чому у деяких тварин, наприклад комах потомство після вилуплення з яєць не схоже на батьків ?
3. Згадайте, як розвиваються квіткові рослини?
4. Наведіть приклади відомих вам особливостей розвитку людини.
5. Згадайте переваги внутрішнього запліднення над зовнішнім.

КРОК ДРУГИЙ: визначаємось (крок у майбутнє).

Тривалість життя є кількісною видовою ознакою, тобто генетично обумовлена. Для різних організмів розрізняють максимальну і середню тривалість життя, які залежить від умов проживання, сприйнятливості до хвороб, числа непередбачених випадків, вбивств та ін. Більшість даних щодо тривалості життя тварин, окрім людини, отримані за допомогою спостережень особин в лабораторіях і зоопарках. Науковці вважають, що максимальна межа тривалості життя людини становить 150 років, проте реально до 100-річного віку доживають лише окремі індивіди. У теперішній час середня тривалість життя людини в економічно розвинутих країнах становить близько 70 років, тоді як на початку кам'яного віку вона не перевищувала 18-20 років. Вік людини звикли рахувати від моменту її народження. Але з цим фактом погоджуються не всі. У китайській філософії вік людини обчислюється з дати ймовірного зачаття. Довести або спростування одну з цих точок зору допоможе наступний матеріал.

КРОК ТРЕТІЙ: навчаємось.

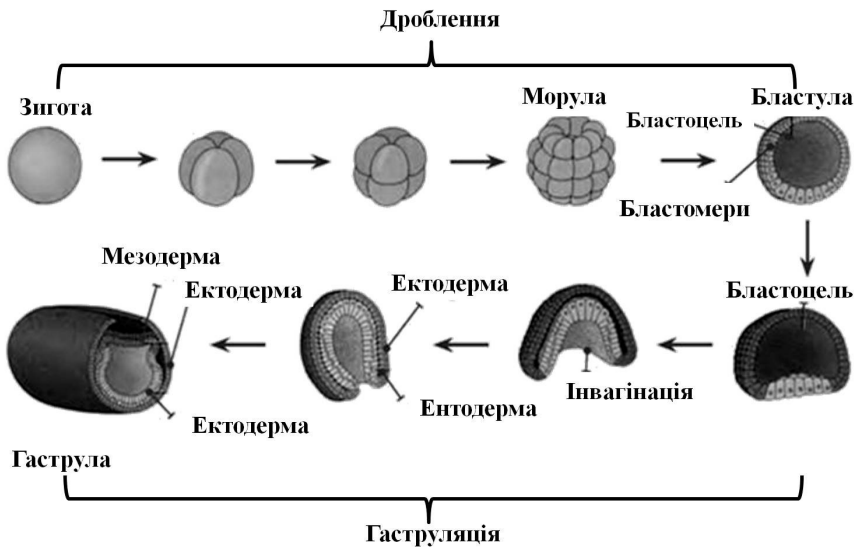
Онтогенез – індивідуальний розвиток організму з моменту утворення зиготи до природної смерті; поділяють на ембріональний та постембріональний періоди

Термін «онтогенез» вперше був введений Ернстом Геккелем в 1866 році. Розпочинається індивідуальний розвиток

організму одразу після запліднення (злиття яйцеклітини і сперматозоїда) і утворення зиготи. Різнять ембріональний (зародковий) і постембріональний (післязародковий) періоди онтогенезу. У людини ці періоди називають – пренатальний (до народження) і постнатальний (після народження).

Ембріональний (зародковий) період (ембріогенез) – розвиток ембріону всередині материнського організму. Він завершується народженням чи виходом з яйцевих оболонок. У багатоклітинних рослин до ембріонального розвитку відносять процеси, які відбуваються в зародковому мішку насінневих рослин. У більшості багатоклітинних тварин незалежно від складності їхньої організації стадії ембріонального розвитку, які проходить зародок, єдині. Їх поділяють на послідовні етапи (мал. 215):

- запліднення – утворення зиготи;
- дроблення – утворення бластули;
- гастрюляція – утворення зародкових листків;
- гістогенез та органогенез – утворення тканин і органів зародка.



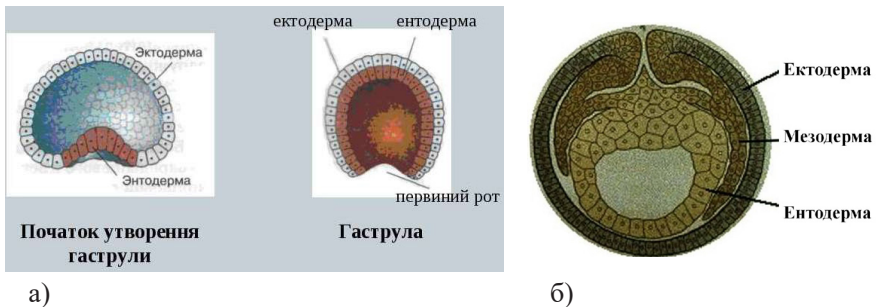
Мал. 215. Етапи ембріонального розвитку від зиготи до гастроули

Розвиток організму починається зі стадії однієї клітини (зиготи). Наступним етапом ембріогенезу є дроблення.

Дроблення. У результаті багаторазових мітотичних поділів одноклітинний організм (зигота) поступово перетворюється на багатоклітинний з кратним числом клітин (*бластомерів*) – 2, 4, 8, 16, 32, 64. На стадії 32 бластомера зародок називається *морулою*, на стадії 64 – *бластулою*, яка має заповнену рідиною порожнину – *бластоцель* (або *первинну порожнину*). Усі 64 клітини бластули розміщуються на поверхні в один шар.

На характер дроблення впливають кількість і розташування поживних речовин в яйцеклітині. Дроблення залежно від типу яйцеклітини може бути повним і неповним; рівномірним і нерівномірним; поверхневим і дискоїдальним. Загальний розмір бластули не перевищує розмір зиготи, оскільки з кожним поділом бластомери стають все меншими за розмірами. По закінченню періоду дроблення у багатоклітинних тварин і людини настає період утворення зародкових листків – гастрляція.

Гастрляція – сукупність процесів розвитку з одношарового зародка (бластули) двошарового (гаструли), а згодом і тришарового. Цей процес відбувається шляхом інвагінації (вгинання стінки бластули всередину). Утворюється спочатку двошаровий зародок (рання *гаструла*) – з ектодерми (зовні) і ентодерми (усередині). Всередині двох шарів клітин утворюється порожнина – *гастроцель* (первинна кишка, яка відкривається назовні *первинним ротом* – *бластопором*). Пізніше



Мал. 216. Гастрляція: А – спочатку шляхом інвагінації утворюються два зародкових листки (ектодерма і ентодерма); Б – потім розвивається третій шар – мезодерма

в усіх тварин (крім кишковопорожнинних) розвивається третій шар – мезодерма) (мал. 216).

Моделлю процесу гастрюляції може бути приклад із двокольоровим дитячим гумовим м'ячем. Якщо проколоти м'яч скласти всередину таким чином, щоб утворилася чаша, то вийде спрощена модель гастрюли ланцетника. У цьому випадку роль ектодерми буде виконувати поверхня, зафарбована одним кольором, а роль ентодерми – іншим.

На завершення етапу гастрюляції починається перші процеси утворення тканин і органів зародка. *Нейрула* – стадія розвитку зародка після гастрюли. На стадії нейрули відбувається утворення нервової пластинки і її замикання у нервову трубку. Рання нейрула являє собою тришаровий зародок, з якого починають утворюватися внутрішні органи. Ектодерма утворює нервову пластинку і покривний епітелій. Мезодерма утворює зачаток хорди. Ентодерма підростає дорсальної сторони зародка, оточує гастрюлю і утворює кишечник. У кінцевій стадії нейруляції (пізня нейрула) у зародка можна розрізнити передній і задній відділи тіла (мал. 218).

Утворення тканин (гістогенез) і органів (органогенез) здійснюється шляхом подальшої диференціації і спеціалізації клітин екто-, мезо- та ентодерми. Утворюються багато типів клітин специфічної будови, що відрізняються одна від одної. З біохімічної точки зору, спеціалізація клітин полягає в здатності синтезувати білки, властиві тільки даному типу клітин. Така спеціалізація клітин забезпечується диференціальною активністю генів, тобто в клітинах різних зародкових листків – зачатків певних органів і систем – починають функціонувати різні групи генів.

При подальшому диференціюванні клітин, що входять до складу зародкових листків утворюються: з ектодерми – нервова система, органи чуття, епітелій шкіри, емаль зубів; з ентодерми – епітелій середньої кишки, травні залози, печінка й підшлункова залоза, епітелій зябер і легенів; з мезодерми – м'язова тканина, сполучна тканина, кровоносна система, нирки, статеві залози й ін. У різних видів тварин ті самі зародкові листки гомологічні, тобто дають початок тим самим органам і тканинам. Гомологія зародкових листків переважної більшості тварин – один з доказів єдності тваринного світу.

В органогенезі важливе значення має процес індукції. Тобто, зачатки одних органів розвиваються під впливом взаємодій із зачатками інших органів, які заклалися раніше. Явище взаємодії між частинами зародка під час ембріогенезу, за якої одна з них визначає напрямок розвитку сусідньої, дістало назву **ембріональної індукції** (від лат. *inductio* – спонування). Та частина зародка, яка впливає на іншу, називається **індуктором**, або **організатором**. Остання згодом сама може виступати

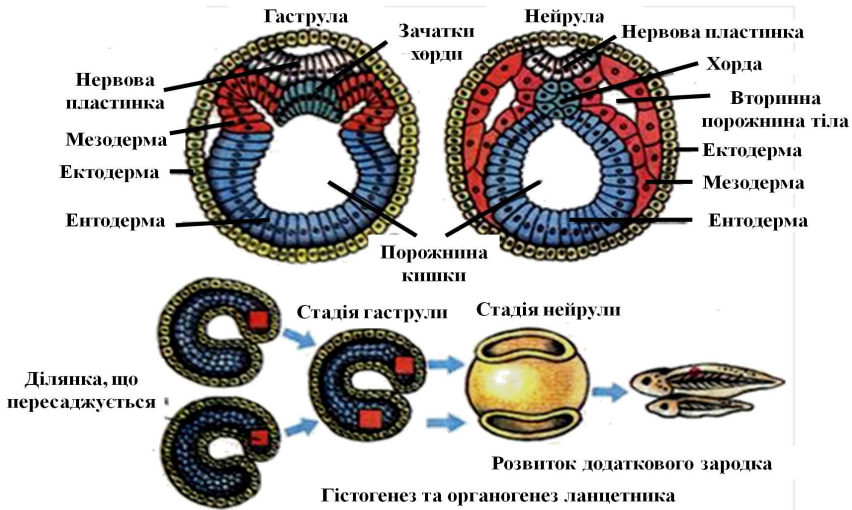


Мал. 217.
Ганс Шпеман
(*Hans Spemann*,
1869-1941)

в цій ролі стосовно інших частин, які розвиваються пізніше. Отже, розвиток зародка – це ланцюг ембріональних індукційних взаємодій.

Явище ембріональної індукції відкрив в 1901 році німецький ембріолог **Ганс Шпеман** (мал. 217). Вчений встановив, – видалення зачатка ока з зародка призводить до того, що кришталик потім не формується. Якщо цей зачаток пересадити на бічну частину зародка, то він стимулює (організовує) утворення кришталика з ділянки ектодерми, яка за природних умов дає початок епідермісу шкіри. Згодом учений провів ще один експеримент, який також довів явище ембріональної індукції. Частину гастрული ембріона земноводних, розташовану над ділянкою первинного рота, з якої мала утворитися хорда, він пересадив на черевну ділянку, з якої мав розвиватися епітелій покриттів іншого зародка. Пересаджена ділянка як організатор давала початок хорді і мезодермі, впливаючи на розвиток прилеглих ділянок. Зокрема, із сусідніх ектодермальних клітин сформувалася друга нервова пластинка. У результаті це призвело до утворення осового комплексу органів другого пуголовка на тому ж зародку (мал. 218). За відкриття організатора і феномена первинної ембріональної індукції Ганс Шпеман у 1935 році став лауреатом Нобелівської премії. Усі наступні індукційні процеси, що відбуваються в зародку, називаються вторинними індукціями.

Науковці вважають, що клітини ділянки-організатора виділяють біологічно активні сполуки білкової природи, які впливають на клітинний матеріал іншої ділянки. Реалізація індукції можлива тільки за



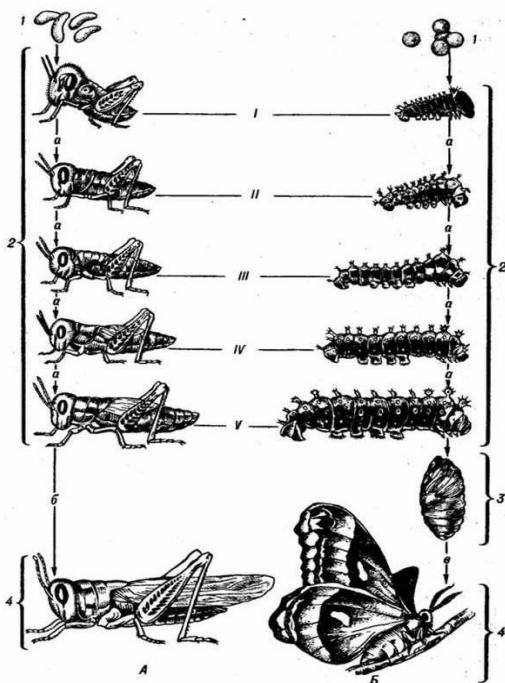
Мал. 218. Явище ембріональної індукції

умови, що клітини реагуючої системи здатні сприймати вплив індуктора, тобто є компетентними.

У перебігу ембріогенезу людини виділяють кілька *критичних періодів*: 4-8 тижні розвитку ембріону та 9-16 тижні формування плоду. Наприклад, серце формується між 3 і 4 тижнями, головний мозок і скелет з 3 тижня й до завершення вагітності. Особливо небезпечну дію в ці періоди мають іонізуюча радіація, алкоголь, паління, лікарські препарати, вірусні захворювання, токсоплазми (одноклітинні паразитичні тварини) та ін.

Викликати вади розвитку також може патологічний стан здоров'я матері. Наприклад, неповноцінне харчування матері, дефіцит мікроелементів (цинку) призводять до розвитку вад центральної нервової системи, викривлення хребта, вад серця.

Таким чином, на всіх етапах ембріонального розвитку під впливом різноманітних факторів можуть виникати відхилення від норми, від незначних до тяжких вад розвитку. З метою уникнення таких проблем, вагітність має плануватись, протягом вагітності жінка має збалансовано харчуватись, уникати стресів, вірусних хвороб, частіше пере-

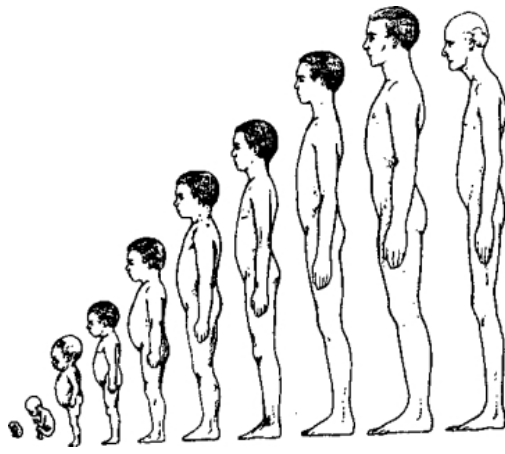


Мал. 219. Непрямий розвиток: А – з неповним перетворенням; Б – з повним перетворенням (метаморфозом): 1 – яйця; 2 – личинки; 3 – лялечка; 4 – доросла статевозріла форма (імаго); а – линяння; б – линяння і метаморфоз; I–IV – личинки різного віку.

бувати на свіжому повітрі. Ембріогенез завершується народженням дитини.

Постембріональний період життя – період від народження (або виходу з яйцевих і зародкових оболонок) до природної смерті особини. У різних видів тварин може тривати від кількох днів до багатьох десятків років. У постембріогенезі особини починають самостійний спосіб життя і тому посилюється вплив факторів навколишнього середовища на них. Тривалий період еволюції виробив і закріпив різноманітні адаптаційні (приспосувальні) життєві стратегії постембріонального розвитку організмів, обумовив появу нових органів тощо.

Постембріональний розвиток буває прямим і непря-



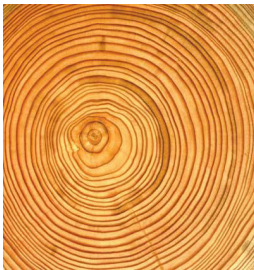
Мал. 220. Прямий розвиток ссавців на прикладі людини

мим (з метаморфозом – із перетворенням). *Прямий розвиток* (пауки, птахи, хрящові риби, ссавці, людина) – після народження організм має багато спільного з дорослою особиною і відрізняється лише меншими розмірами (мал. 220). *Непрямий розвиток* – це розвиток, за якого з яйця утворюється личинка, яка перетворюється на дорослу особину безпосередньо або через перетворення (метаморфоз) (мал. 219). Різновидами непрямого розвитку є:

- непрямий розвиток з повним перетворенням – це розвиток личинки, що супроводжується перебудовою всіх її органів (твердо-, луско-, дво-, перетинчастокрилі, блохи, кісткові риби, амфібії);
- непрямий розвиток з неповним перетворенням – це розвиток личинки, в якій перетворення охоплюють окремі органи (прямокрилі, таргани, клопи).





У людини постембріональний період називають постнатальним (після народження). Виокремлюють кілька періодів постнатального розвитку людини, які пов'язані з особливостями розвитку систем органів і віком: *ювенільний* (від лат. *juvenilis* – юний), від народження до 11-12 років; *пубертатний* (підлітковий, 12-17 років); *зрілості, старості* (після 75 років) (таблиця. 7).

Геронтологія – наука про старість. Старіння – закономірний процес онтогенезу. Наука, яка вивчає закономірності старіння живих істот, зокрема людини, вікові біологічні зміни різних структур головного мозку, особливості взаємозв'язків між ендокринними органами, характерні для старіння зміни імунної системи, процеси старіння сполучної тканини та ін. – називається *геронтологією* (від грец. γέρων



Мал. 234. а – річні кільця дерева; б – галапагоська черепаха; в – людина

Періодизація постнатального періоду онтогенезу людини

Ювенільний період 	від народження до статевої зрілості, коли відбувається функціональне дозрівання різних систем організму, зокрема нервової, імунної, ендокринної і репродуктивної
Пубертатний період 	супроводжується розвитком вторинних статевих ознак, настає статева зрілість організму, органи досягають максимального розвитку завдяки гуморальній і ендокринній нейрорегуляції
Період зрілості 	характеризується найбільш сталими механізмами гомеостазу, період активної професійної реалізації
Період старості 	супроводжується зниженням ефективності генетичних і структурних механізмів регуляції. Старечий вік у чоловіків і жінок прийнято називати період життя після 75 років

(γέρωντος) – старий і λόγος – вчення). Термін був вперше запропонований І. І. Мечниковим у 1903 р.

Максимальна і середня тривалість життя. Існують труднощі у визначенні віку тварин у природних середовищах, і важко точно відповісти на питання, як довго вони живуть в природі. Тільки у багаторічних дерев можна точно встановити вік за річними кільцями (мал. 221 а).

Середня тривалість життя залежить від умов мешкання представників групи, сприйнятливості до хвороб, числа нещасних випадків, вбивств, тоді як максимальна тривалість життя повинна бути зафіксована і практично винятково визначається природною швидкістю старіння. За максимальну тривалість життя зазвичай береться середня тривалість життя 10 % найстаріших організмів групи. На практиці

максимальна тривалість життя незначно перевищує середню тривалість життя представників групи у найбільш захищених умовах.

Більшість даних щодо тривалості життя тварин, окрім людини, отримані за допомогою спостережень особин в лабораторіях і зоопарках. Проте наведемо деякі зафіксовані науковцями цифри щодо максимальної тривалості життя деяких організмів табл. 8.

Таблиця 8

Тривалість життя (максимальна, зафіксована науковцями)

Людина (Homo sapiens)	122	Миша хатня (Mus musculus)	4
Шимпанзе (Pan troglodytes)	75	Сом звичайний (Silurus glanis)	60
Кінь свійський (Equus caballus)	60	Горобець хатній (Passer domesticus)	23
Бик свійський / корова (Bos taurus)	30	Муха плодова звичайна (Drosophila melanogaster)	30 днів
Слон (Elephas maximus)	85	Дуб черешчатий (Quercus robur)	1500 років
Галапагоська черепаха (Geochelone nigra) (мал. 234 б)	177	Ялина європейська (Picea abies)	500 років
Кіт свійський (Felis catus)	29	Секвоя (Sequoiadendron giganteum)	3000 років

Людство дедалі частіше замислюється над поясненням причин і механізмів природного старіння. Провідними є дві концепції. Перша концепція розглядає старіння як процес, що викликає нагромадження в організмі ушкоджених молекул, які накопичуються і порушують нормальне функціонування організму. Згідно з другою концепцією, старіння – це закономірний, генетично запрограмований процес, що завершує диференційований ріст, дозрівання. У рамках цих концепцій знаходить місце і теорія основоположника вітчизняної геронтології

А. А. Богомольця, який пов'язував старіння з дисгармонією фізіологічних процесів організму, і теорія І. І. Мечникова, який розглядав старіння як процес інтоксикації – отруєння організму в процесі життєдіяльності токсичними речовинами. Доцільно зважити й на те, що на тривалість життя впливає дія іонізуючої радіації, хімічні мутагени, інфекційні та хронічні соматичні хвороби, стреси, травми.

У світі актуальною є проблема уповільнення процесів біологічного і психологічного старіння та подовження активного довголіття.

Біологічний, паспортний і психологічний вік людини. Сучасне розуміння біопсихосоціальної сутності людини внесло поправки у характеристики традиційної періодизації онтогенезу людини. Здоров'я людини – це не тільки відсутність хвороб або фізичних дефектів, але й стан повного фізичного, психічного та соціального благополуччя.

Отже, стан організмів двох конкретних людей може значно відрізнятись. У зв'язку з цим введено поняття хронологічного (календарного, паспортного), біологічного і психологічного віку людини. *Паспортний вік* – календарний вік від народження. *Біологічний вік* визначає ступінь відповідності структурних і функціональних анатомо-морфологічних і обмінних особливостей організму віковим нормативам (постава, артеріальний тиск, пристосувальні можливості та ін.). Біологічний вік може не відповідати календарному. Наприклад, людина в 40 років може виглядати і, головне, мати стан всіх систем організму як у молодій людині, або може виявляти явні ознаки старіння, в'янення з причин вроджених аномалій, хвороб чи неправильного способу життя (вживання алкоголю, наркотиків, нераціональне харчування, малорухомий спосіб життя). *Психологічний вік* характеризує те, яким людина себе відчуває і усвідомлює (молодим, зрілим або старим); дає картину сформованості його інтелекту, досвіду, почуттів, волі, потреб, характеру, здібностей. Людина певного календарного віку орієнтується не стільки на вікові рамки, скільки на утримання періоду власного способу життя (характеру діяльності, інтересів, життєвого ритму). Прикладом невідповідності трьох «віків» людини може слугувати рання вагітність дівчинки (в 13-14 років), коли біологічно вона може стати матір'ю, а психологічно – не готова.

Отже, усі три вікові характеристики разом пов'язані в єдину цілісну систему показників, які дозволяють стверджувати про ступінь наближення людини до стану зрілості або вже про її досягнення.

Опорні точки (висновки).

- Онтогенез (від грец. *ὄντος* – існує та *γένεσις* – походження) – це індивідуальний розвиток організму від утворення зиготи до природної смерті.
- Онтогенез поділяють на ембріональний та постембріональний періоди.
- Виділяють такі етапи ембріонального розвитку: запліднення – утворення зиготи; дроблення – утворення бластули; гастрюляція – утворення зародкових листків; гістогенез та органогенез – утворення тканин і органів зародка.
- Явище взаємодії між частинами зародка під час ембріогенезу, за якої одна з них визначає напрямок розвитку сусідньої, дістало назву ембріональної індукції. Частина зародка, яка впливає на іншу, називається індуктором, або організатором.
- У перебігу ембріогенезу людини виділяють кілька критичних періодів: 4-8 тижні розвитку ембріону та 9-16 тижні формування плоду.
- Постембріональний (післязародковий) період (постембріогенез) триває від народження і до смерті.
- Постембріональний розвиток буває прямим і непрямим (з метаморфозом – із перетворенням).
- У людини постембріональний період називають постнатальним та виокремлюють кілька періодів які пов'язані з особливостями розвитку систем органів і віком: *ювенільний, пубертатний, зрілості, старості*.
- У світі актуальною є проблема уповільнення процесів біологічного і психологічного старіння і подовження активного довголіття.
- На тривалість життя істотно впливає іонізуюча радіація, хімічні мутагени, інфекційні та хронічні соматичні хвороби, стреси, травми.
- Процеси старіння та заходи його затримки вивчає наука геронтологія.

Лабораторна робота.

Тема. ВИВЧЕННЯ ЕТАПІВ ЕМБРІОГЕНЕЗУ.

Мета: узагальнити й систематизувати знання про ембріональний розвиток хордових, навчитись розпізнавати стадії ембріогенезу у тварин та пояснювати їх особливості.

Обладнання та матеріали: мікроскоп, постійні мікропрепарати, муляжі або мікрофотографії різних етапів розвитку ланцетника, жаби та інших хордових тварин.

Хід роботи.

1. Запишіть періоди онтогенезу багатоклітинних тварин _____

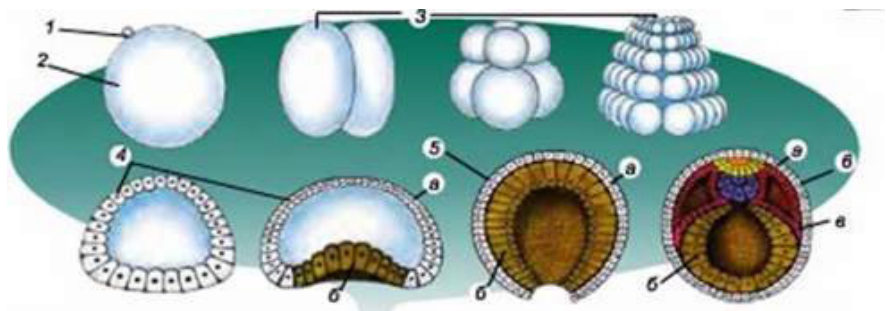
2. Користуючись додатковою літературою визначте, які типи тварин відносяться до:

двошарових організмів _____

тришарових організмів _____

3. Розгляньте мікропрепарат (мікрофотографію) зародка хордових на стадії бластули. Замалуйте і позначте бластомери та бластоцель. Коротко опишіть, внаслідок яких процесів вона утворюється.

4. Розгляньте мікропрепарат (мікрофотографію) зародка хордових на стадії гастрული.



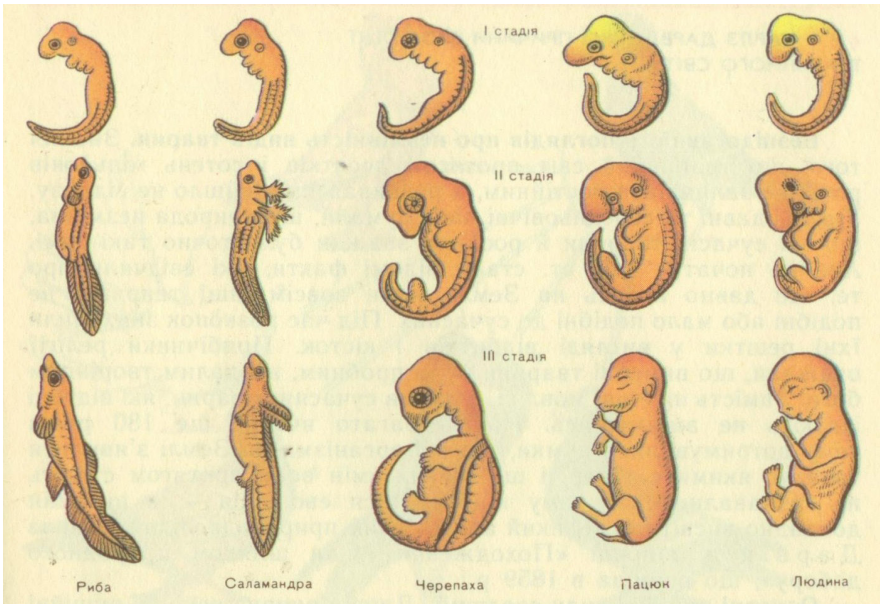
Підпишіть малюнок, використовуючи наведені цифрові позначення. Коротко опишіть процес гастрюляції.

5. Розгляньте зародок хордових (на мікрофотографіях, мікропрепаратах, муляжах, ілюстраціях) на стадії формування тканин і органів. Заповніть таблицю:

Похідні зародкових листків

ОЗНАКИ	ЕКТОДЕРМА	ЕНТОДЕРМА	МЕЗОДЕРМА
Розміщення			
Що утворює?			

6. Розгляньте малюнок на якому зображено етапи розвитку тварин та людини. Виявіть подібність або відмінність між ними на відповідних стадіях.



7. Зробіть висновок, у якому поясніть, чому ембріогенез хордових складається з кількох етапів і чому ранні етапи ембріогенезу різних груп хордових схожі між собою.

КРОК ЧЕТВЕРТИЙ: відтворюємо.

1. Дайте визначення поняття онтогенез і назвіть періоди онтогенезу.
2. Назвіть стадії і охарактеризуйте ембріональний період розвитку.
3. Як впливають умови життя матері на розвиток зародка і плоду?
4. Охарактеризуйте постембріональний період онтогенезу.
5. Назвіть сучасні концепції старіння. Що вивчає геронтологія?

КРОК П'ЯТИЙ: застосовуємо.

1. У чому полягає проблема шляхів розвитку та взаємодії бластомерів (ембріональна індукція)?

2. Які критичні періоди є в ембріональному розвитку людини і чим вони зумовлені?

3. Складіть схему, яка відображає утворення тканин та органів з трьох зародкових листків.

КРОК ШОСТИЙ: пропонуємо, формулюємо гіпотези та шляхи їх розв'язання.

1. Знайдіть в додатковій літературі інформацію про те, що таке хронологічний і біологічний (фізіологічний) вік?

2. Поясніть можливі причини передчасного старіння.

3. Чим онтогенез відрізняється від життєвого циклу?

4. Поясніть, чому існує кілька періодизацій постембріонального розвитку людини. Які, крім наведених у посібнику, ви знаєте?

КРОК до ЗНО.

1. Позначте органи і тканини, що утворюються з мезодерми:

А легені, печінка; Б мозок, шкіра; В кров, м'язи;

Г мозок, органи чуття; Д нирки, скелет.

2. Позначте твердження, у яких правильно вказано походження органів чи тканини хребетних тварин із зародкових листків:

А серце – з ендодерми; Б внутрішнє вухо – з ектодерми;

В дерма шкіри – з мезодерми; Г молочні залози – з ектодерми;

Д волосся – з ектодерми.

3. Першою в ембріогенезі утворюється:

А гастрюла; Б зигота; В бластула; Г мезодерма.

4. З ектодерми утворюється:

А спинний мозок; Б хорда; В сім'яники; Г печінка.

5. Першим періодом постембріонального розвитку є:

А пубертатний; Б смерть; В ювенільний; Г гастрюла.

6. Другий зародковий листок утворюється :

А під час гастрюли; Б у зиготі; В під час бластули;

Г з мезодерми.

7. З ентодерми ссавців утворюється:
- А спинний мозок; Б хорда;
 - В сім'яники; Г сітківка.
8. Останнім періодом постембріонального розвитку є:
- А пубертатний; Б смерть;
 - В ювенільний; Г гастрюла.
9. Розмістіть стадії розвитку зародка ссавців у послідовності від першої до останньої:
- А гастрюла; Б зигота; В бластула; Г органогенез.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Навчальні програми для 10-11 класів. Програма навчального предмета «Біологія і екологія». Рівень стандарту. URL : <https://mon.gov.ua/ua/osvita/zagalna-serednya-osvita/navchalni-programi/navchalni-programi-dlya-10-11-klasiv> (дата звернення 20.06.2021 р.)

2. Навчальні програми для 10-11 класів. Програма навчального предмета «Біологія і екологія». Профільний рівень біологія і екологія. URL : <https://mon.gov.ua/ua/osvita/zagalna-serednya-osvita/navchalni-programi/navchalni-programi-dlya-10-11-klasiv> (дата звернення 20.06.2021 р.).

3. Барна І. Біологія : Комплексна підготовка до зовнішнього незалежного оцінювання. Тернопіль : Підручники і посібники. 2020. 512 с.

4. Барна І. Біологія: Тестові завдання для підготовки до зовнішнього незалежного оцінювання. Тернопіль : Підручники і посібники, 2016. 432с.

5. Бородіна К. І., Кмець А. М. Модель методичної системи навчання генетики в 10 класі за програмою «Біологія і екологія». Фактори експериментальної еволюції організмів. Київ. 2018. Т.22. С. 357 – 363.

6. Бородіна К. І., Кмець А. М. Кріпак В.В. Перспективи формування основних компетентностей у природничих науках і технологіях в учнів старшої школи в процесі вивчення курсу «Біологія і екологія». Інноваційна педагогіка. Одеса Вип. 7 – 1. 2018. С. 67-72.

7. Дослідницька робота школярів з біології : навч.-метод. посіб. / За заг. ред. С.М. Панченка, Л.В. Тихоненко. Суми, ВТД «Університетська книга». 2008. 368 с.

8. Зайцева О.А. Біологія у визначеннях, таблицях і схемах. 6-11 класи. Харків, Вид-во «Ранок», 2016. 128 с.

9. Іонцева А.Ю. Біологія в таблицях та схемах . Харків, Торсінг плюс. 2011. 128 с.

10. Коненко Віталій, Рудишин Сергій. Міждисциплінарні зв'язки біології та екології. Стратегія сталого (збалансованого) розвитку системи «суспільство-природа». Біологія і хімія в рідній школі. 2021. № 1. С. 14-18.

11. Рудишин С.Д. Біологічна підготовка майбутніх екологів : теорія і практика: монографія . Вінниця : ВМГО «Темпус», 2009. 394 с.
12. Рудишин С.Д. Основи біогеохімії : навч. посібник [для студ. вищ. навч. закл.] К. : ВЦ «Академія», 2013. 248 с.
13. Рудишин Сергій. Еволюція біосфери і місце людини в ній. Біологія і хімія в школі. 2007. № 5-6. С. 7 -10.
14. Рудишин Сергій. Біосфера і ноосфера: сучасний погляд. Біологія і хімія в школі. 2008. № 3. С. 6 – 9.
15. Рудишин Сергій. Пізнавальні задачі з екології. Біологія і хімія в школі. 2008. № 5- 6. С. 57-59.
16. Рудишин Сергій. Автотрофний блок екосистеми. Біологія і хімія в школі. 2009. № 3. С. 3-4.
17. Рудишин Сергій. Генетично модифіковані рослини: ризик чи небезпека. Біологія і хімія в школі. 2009. № 4. С. 40-43.
18. Рудишин Сергій. Екологія як наука й освітньо-виховна дисципліна. Біологія і хімія в школі. 2010. № 3. С. 39-41.
19. Рудишин Сергій., Коренева Інна. Наукова думка В.І. Вернадського як планетне явище (до 150-річчя з дня народження вченого). Біологія і хімія в сучасній школі. 2013. № 1. С. 36-40.
20. Рудишин Сергій, Коренева Інна. Модель наукової картини світу. Біологія і хімія в сучасній школі. 2013. № 3. С. 2-6.
21. Рудишин Сергій. Хроленко Марина. Можливості біосфери і сталий розвиток суспільства : проблеми і перспективи коеволюції. Біологія і хімія в рідній школі. 2014. № 2. С. 12-16.
22. Рудишин Сергій. Самілик Валентина. Класифікація екосистем : проблеми і перспективи. Біологія і хімія в рідній школі. 2014. № 5. С. 3-6.
23. Рудишин Сергій, Самілик Валентина. Систематика живих організмів як наукова і педагогічна проблема. Біологія і хімія в рідній школі. 2014. № 6. С. 9-14.
24. Рудишин С.Д., Коренева І.М., Самілик В.І. Екологічна компетентність як загальна компетентність вчителів природничих дисциплін. Український педагогічний журнал. 2016. № 3. С. 74-83.

25. Рудишин Сергій. Нова українська школа : проблеми і перспективи підготовки вчителів-предметників. Біологія і хімія в рідній школі. 2018. № 1. С. 38 - 39.

26. Рудишин Сергій, Кмець Алла. Онтогенез : особливості періодів у багатоклітинних організмів. Біологія і хімія в рідній школі. 2018. № 4. С. 33 - 36.

27. Рудишин Сергій, Кмець Алла, Самілик Валентина. Генотип людини як цілісна система. Типи взаємодії генів. Проєкт «Геном людини. Біологія і хімія в рідній школі. 2019. № 2. С. 28 - 34.

28. Рудишин Сергій, Самілик Валентина, Гулакова Інна. Регенерація : особливості процесів, форми. Трансплантація. Біологія і хімія в рідній школі. 2019. № 3. С. 22-26.

29. Серета Тетяна, Рудишин Сергій. Раціональне харчування як основа нормального обміну речовин в організмі людини. Біологія і хімія в рідній школі. 2020. № 1. С.17-20.

30. Серета Тетяна, Рудишин Сергій. Роль ферментів у забезпеченні метаболізму в клітині. Біологія і хімія в рідній школі. 2020. № 2. С. 22 – 26.

31. Соболь В.І Повний курс біології. Структурований довідник для підготовки до ЗНО та ДПА. Кам'янець-Под. : Вид. Абетка. 2020. 416 с.

Навчальне видання

С. Д. Рудишин, А. М. Кмець, В. І. Самілик, І. М. Гулакова

БІОЛОГІЯ І ЕКОЛОГІЯ. 10 КЛАС

Навчальний посібник

Здано до друку 07.06.2021. Підписано до друку 15.07.2021.

Формат 60x84/16. Папір офсетний. Друк офсетний.

Гарнітура TimesNewRoman. Ум. друк. арк. 21,15. Обл.-вид. арк. 17,38.

Наклад 300 прим. Замовлення № 484. Ціна договірна.

Вінниченко М.Д., 40022, Україна, м. Суми, вул. Бельгійська, 9/10.

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру видавців,
виготовників і розповсюджувачів видавничої продукції
серія ДК № 2314 від 14 жовтня 2005 року, м. Київ/

Виготівник: ФОП Ткачов О.О.
sumskya-80@ukr.net.